técnica

Número Especial de 1991
Março de 1992
ISSN 0040-1714
pvp 400$00

1991
80 Anos do IST e da AEIST

1986
Bodas de Diamante do IST e da AEIST

1961
Bodas de Ouro do IST e da AEIST

1936
Bodas de Prata do IST e da AEIST

1925
Criação da Tecnica

J. J. Delgado Domingos
Jose Mariano Gago
Paulo David Simões
Jose Quintino Rogado
Antonio Simoes Lopes
J. T. Mendonça
Bernardo Jerosh Herold
Ricardo Bayao He
Isabel Ribeiro e Antonio Pascoal
Amilcar Sernadas
Carlos Salema
Jorge Dias de Deus
Manuel Jose de Abreu Faro
J. J. R. Frau
Valadares Tavares

t é c n i c a
revista de engenharia

Número Especial de 1991 **Março 1992**

Propriedade
Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico

Director Científico:
Manuel de Abreu Faro
Director Executivo:
Paulo David Simões
Coord. Administrativo:
Gerardo Vieira Lisboa
Coordenador de Redacção
Helder Santos
Marketing & Publicidade
Sofia Ribeiro
Assinaturas
Miguel Ribeiro

Direcção, Administração e Publicidade:
AEIST
Av. Rovisco Pais
1000 Lisboa - Portugal
Telefones directos:
8481018 - 8489323
Fax:
899242 (a/c AEIST)
E-Mail (bitnet, EARN):
aeistdoc@eta.ist.rccn.pt

Composição:
Centro de Documentação da Associação dos Estudantes do IST
Arte final e impressão:
Editorial Império, Lda.
R. Salitre, 155 - 2º
1296 Lisboa Codex

Registo DGCS 101407
Depósito Legal 41683/90
ISSN 0040-1714
Tiragem: 5000 exemplares
Preço de capa: 400$00
Assinatura anual (4 números):
Portugal 1400$00
Estrangeiro USD$20

Editorial

Por Ocasião dos 80 Anos do IST
Simões Lopes, *Reitor da Universidade Técnica de Lisboa* 3
O Técnico: Que Futuro?
Dias de Deus, *Presidente do Instituto Superior Técnico* 5
Pela Perenidade do Instituto Superior Técnico
Abreu Faro, *Director Científico da revista Técnica* 7
A Técnica e o Técnico
Paulo Simões, *Director Executivo da revista Técnica* 11

Artigos Convidados

O Instituto Superior Técnico e a Engenharia em Termodinâmica
J. J. Delgado Domingos 15
A Investigação em Física: sumário
José Mariano Gago 25
Química Orgânica Quo Vadis?
Bernardo Jerosch Herold 29
Fronteiras da Engenharia de Materiais
Ricardo Bayão Horta 35
O IST e a Participação Portuguesa no Programa Europeu de Fusão Nuclear
J. T. Mendonça 39
As Alternativas de Energia
Domingos Moura 43
Sobre o Futuro da Engenharia Civil
E. R. de Arantes e Oliveira 47
Electrónica: do Tubo de Vazio aos Futuros Sistemas Electrónicos
Moisés Piedade 51
Perspectivas da Mineralurgia dos Sistemas Particulados
José Quintino Rogado 55
Engenharia de Telecomunicação
Carlos Salema 61
A Investigação Matemática no IST: Situação actual e perspectivas futuras
A. Ferreira dos Santos 65
Robótica e Sistemas Autónomos: Problemas e Tendências
João Sentieiro, Isabel Ribeiro e António Pascoal 71
Tendências da Engenharia Informática
Amílcar Sernadas 77
Em Louvor da Química
J. J. R. Fraústo da Silva e A. Romão Dias 85
Investigação Operacional: Ano 2000
Luís Valadares Tavares 93

Os artigos publicados são da exclusiva responsabilidade dos respectivos autores.

Apoios: Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica e Conselho Directivo do Instituto Superior Técnico

Por Ocasião dos 80 Anos do Instituto Superior Técnico

António Simões Lopes
Reitor da Universidade Técnica de Lisboa

A Universidade portuguesa atravessa uma fase de mudança, apesar de atenta, e nesse sentido expectante, às posições que o Governo e a Indústria em geral adoptem em relação a ela. Não estará tanto em causa a revisão ou a reformulação do seu *projecto* como a reconsideração dos meios para realizá-lo; se bem que eventuais mudanças profundas nos meios possam só por si induzir ajustamentos no projecto.

Quaisquer que sejam as eventuais modificações que venham a verficar-se no capítulo dos meios, sempre naturalmente a Universidade manterá a formação como seu objectivo e a sua função prioritária, grandemente dominada pela formação de licenciados apesar da tendência crescente para afirmar o ensino de pós-graduação. Associada à formação (ou, se quizermos, indissociável dela) vem a investigação, condição *sine qua non* de actualização e até de inovação no ensino, garantia, pois, da qualidade; continuando no entanto a haver lugar para a investigação que serve o ensino ou é determinada por ele e para investigação procurada, determinada ou fomentada por outras entidades, sejam elas o sector público (aprópria administração) ou o sector privado, sejam elas entidades nacionais comunitárias ou outras.

Neste conjunto, podendo mesmo tomar-se globalmente o ensino e a investigação, direi que estará em causa (pela experiência dos anos mais recentes) a estrutura dos meios financeiros tradicional, porque o Governo tem vindo com grande relutância a garantir em termos "reais" a sua participação financiadora, donde uma crescente e necessária evolução no sentido de encontrar nas outras fontes de financiamento a capacidade de expansão que a universidade reclama e que uma racional utilização dos seus meios qualificados impõe.

No futuro tem portanto de continuar a aumentar a prestação de serviços - de ensino e de investigação - a entidades que acorram à Universidade procurando-os. Não está necessariamente em causa a revisão do seu projecto, desde que se saiba salvaguardar o equilíbrio no exercício das funções de ensino tradicionais e prioritárias face ao exercício das que, por contrato, a Universidade deve prestar a outras entidades, equilíbrio que nem sempre é fácil de manter dada a forma *contratual*, mais rígida nas suas exigências de cumprimento, que pode induzir algum sacrifício das tarefas de ensino, quando a um mesmo docente estejam em simultaneadade atribuídas funções daqueles dois tipos. Do que não há dúvida, no entanto, é que a Universidade tem de se ligar e se vai ligando cada vez mais ao seu mundo envolvente para se interessar pelos problemas reais, para contribuir para a sua solução, para por aí se enriquecer e enriquecer a formação que proporciona e para por essa via complementar os recursos financieros indispensávies ao desenvolvimento das suas actividades.

Tempo virá, e pessoalmente entendo ser útil que venha depressa, em que a interacção com o mundo envolvente será muito mais intensa, acolhendo a Universidade para a docência e para a investigação, com estatuto prórpio, os técnicos qualificados das "empresas" com quem nos associemos; para inversamente se criarem situações em que o docente e o investigador são chamados a envolver-se, temporariamente que seja, na vida corrente dessas empresas.

Esta mais intensa interacção é perfeitamente conforme, e desejada, no projecto da universidade; pode levantar, e levantará em muitos casos, dificuladades operativas porque a Universidade e as empresas só excepcionalmente estarão em vizinhaça física; mas o projecto novo dos Parques de Cinência e Tecnologia pode dar-lhe viabilidade acrescida, por que nesse caso se garantirá, com número significativo de empresas relevantes, relações de convivência espacial que facilitarão o processo.

A prática dos últimos anos vem no entanto confirmando outras linhas fundamentais da universidade na sua abertura ao exterior, pela via da internacionalização da sua actividade. A facilitá-las, naturalmente, encontramos uma larga base de relacionamento internacional dos nossos docentes e investigadores, assente na sua presença em reuniões internacionais mas, quase sempre, muito assente em doutoramentos dos nossos docentes em universidades estrangeiras que se têm prolongado em projectos de pesquisa desenvolvidos em cooperação. As fontes de financiamento comunitárias têm permitido acrescido relacionamento na Europa. Importa aproveitar todas as oportunidades que permitam um equilíbrio de rela-

cionamento com instituições da América do Norte, garantia de diversificação conveniente face a uma parte do Munod cuja capacidade e pujança, também em termos das instituições de ensino e de investigação, continua invejável e dificilmente igualável. E na linha da internacionalização, temos ainda de reforçar o nosso reencontro com África, particularmente a África lusófona; aqui estando outro vector dominante do projecto da Universidade.

No traçado apressado destas considerações sobre o futuro da Universidade vireime exclusivamente "para fora", embora não menos importante seja o reforço que a interacção das nossas escolas deve promover seja a nível do ensino (interdisciplinar), seja a nível da investigação e também da prestação de serviços, em que muitas potencialidades existem ainda por explorar. Também aqui a aventura do Parque de Ciência e Tecnologia há-de criar possibilidades novas, porque a dispersão das escolas há-de sempre revelarse esbanjadora dos esforços.

Falar da Universidade, nos termos em que a ela me referi, é falar em particular do I.S.T., a maior escola da UTL e também a que mais avançada se encontra na realização dos objectivos do projecto enunciado, que é o seu. E se falar do I.S.T. se justifica sempre, mais se justificará hoje quando nos detemos a reflectir sobre os 80 anos que completa face à data de 1911 em que, da extinção do Instituto Industrial e Comercial de Lisboa, saía como escola autónoma o Instituto Superior Técnico, de par com o hoje denominado Instituto Superior de Economia e Gestão. Oitenta anos durante os quais, grandes figuras da engenharia portuguesa do passado e grandes figuras da engenharia portuguesa do presente lhe deram a grandeza, a importância e a dignidade que hoje tem.

À expressão de congratulação pelos seus 80 anos junta o Reitor a sua homenagem aos Homens que no passado lançaram e projectaram esta instituição e aos que, no presente, a guiam com o seu trabalho, a sua dedicação e a sua generosidade para a continuidade da sua grandeza em projecção do futuro.

Como em 1986, a propósito então dos seus 75 anos, volto a exprimir o voto de que, no quadro da Universidade, todos, docentes, alunos, funcionários, possam realizar o projecto de futuro e as suas ambições que o Instituto Superior Técnico se propõe, a bem da Universidade Técnica , a bem do País.

O Técnico : Que Futuro?

Jorge Dias de Deus
Presidente do Instituto Superior Técnico

Após um ciclo de comemorações - dos 75 anos, dos 80 anos - é esta boa altura para o Técnico perguntar: e agora, que futuro?

Com o peso dum prestígio e duma tradição a defender, o Instituto Superior Técnico tem, no futuro, um triplo desafio a enfrentar:

1- O desafio da qualidade, da actualização e da eficiência do ensino;

2- O desafio da investigação científica e tecnológica, a realizar numa perspectiva nacional mas com exigências de nível internacional;

3- O desafio da interacção universidade-empresa e da interacção criativa entre os que sabem e os que empreendem.

Este desafio triplo resulta das alterações profundas que têm ocorrido e que vão continuar a ocorrer, cada vez mais aceleradamente, nas sociedades industriais desenvolvidas, no final deste século. É, por um lado, a criação de espaços económicos mais abertos e mais amplos onde, no caso português, se destaca como factor determinante a integração na Comunidade Europeia, e, por outro lado, a necessidade de acompanhar o desenvolvimento científico e tecnológico - com as tecnologias da informação, os novos materiais, a engenharia genética, a super-computação, etc, etc. - que irá condicionar, mais e mais, toda a vida social.

A questão do ensino, a questão da sua qualidade e actualização, a questão da formação de engenheiros, cientistas, tecnólogos e gestores profissionalmente competentes e socialmente responsáveis deverá ser, ou deverá continuar a ser, a questão central para o Instituto Superior Técnico. De facto, o melhor "produto" que o Técnico pode apresentar à sociedade portuguesa, e não só portuguesa, é o constituído pelos licenciados, pelos mestres e pelos doutorados que forma. E à qualidade, deverá acrescentar-se a eficiência - ou não estivessemos nós numa Escola de Engenharia! Eficiência que se obtém com a melhoria da taxa de aproveitamento nos exames e com a redução do tempo médio de estadia dum aluno no Técnico. Melhores elementos de estudo, melhores laboratórios e salas de aulas, mais acompanhamento dos alunos pelos docentes, formas de ensino/aprendizagem mais motivadoras são absolutamente necessários para que a qualidade, a actualização e a eficiência se conjuguem e se crie no Técnico um ambiente mais genuinamente universitário.

A investigação científica e tecnológica - por vezes vista por alunos menos atentos como "mania" dos docentes - é igualmente importante para que o Técnico possa acompanhar - e contribuir para - o crescimento exponencial da ciência e da tecnologia, e desenvolver aquele espiríto criativo e critico que está sempre aberto à inovação e que é essencial nas sociedades modernas. A escola superior de hoje, que não faça investigação científica e tecnológica, acabará sempre por ser a escola secundária, com matérias mais avançadas, mas sem dúvida secundária, de amanhã.

A interacção universidade/empresa - em que o Técnico tem ganho nos anos mais recentes alguma experiência - irá ser de futuro a pedra de toque que distinguirá a Escola "ensimesmada" encostada ao orçamento de Estado, contente com um saber de perfume a inutilidade, da Escola que deliberadamente busca o seu espaço no contexto económico e social em que se insere. É por isso que o Técnico, instituição pública que se orgulha de o ser, quer cada vez menos depender do Estado, quer mesmo desenvolver-se em muito fora da lógica do Estado, criando ligações fortes com o mundo empresarial, com outras instituições públicas, com instituições comunitárias, com instituições dos países africanos de língua oficial portuguesa. Há, uma transformação tranquila que tem vindo a ocorrer e que levará a um Técnico mais em interacção com a sociedade em que está. Nesse contexto, as associações privadas sem fins lucrativos, como o INESC, a ADIST, o ITEC e muitas outras, bem como os contratos de investigação, de prestação de serviço e de formação que existem no quadro de programas europeus e nacionais e de acordos com entidades oficiais e privadas, têm um papel da maior importância para termos, cada vez mais, um Técnico capaz de se definir por si mesmo.

Original submetido para publicação em 6 de Fevereiro de 1992

Feito este resumo mais do que simplificado do que são os desafios para o Técnico no futuro, poder-se-á perguntar: mas isso tem a ver com o **Técnico**, e quanto à **Técnica**?

Em minha opinião, a vida da Técnica deverá reflectir, activamente, a vida do Técnico. Deverá estar em dia com o Técnico. Ser uma ponte entre o ensino, a investigação e a vida empresarial. Interessar a alunos, a docentes, a engenheiros. Ser um instrumento vivo de cultura científica, tecnológica e empresarial. Ser o Técnico enquanto revista!

Pela Perenidade do Instituto Superior Técnico

Manuel José de Abreu Faro
Director Científico da Técnica, revista de Engenharia

Quem mais sente e melhor pode falar da Escola do que os seus alunos?

Quem, em boa verdade, são os alunos da Escola?

Apenas aqueles que a frequentam?

Ou com mais legitimidade, esses mesmos, mais tarde, formados por essa Escola, quando, pela formação alcançada, actuam no espírito da Escola, numa atitude comum de um profissionalismo característico?

Se não fosse como as respostas que se adivinham, não faria sentido falar da idade da Escola que, então e pela negativa, seria estéril de frutos próprios.

A Técnica, Revista de Engenharia, da Associação de Estudantes do Instituto Superior Técnico é, já por isso, uma expressão que provém dos alunos e onde, de modo principal, têm colaborado os antigos alunos do IST, muitos deles, digamos a maioria, seus docentes.

Lado a lado com o Instituto, a Técnica tem aparecido sempre nas grandes efemérides e foi nessa actuação que se construiu o número especial da Técnica, comemorativo dos 75 anos do IST.

De igual modo nasceu este número especial, cinco anos mais tarde, comemorando os 80 anos do Instituto.

Nos 75 anos seguiu-se, até porque era inexistente, uma linha historiográfica: das origens, das motivações do Ensino Técnico, das razões profundas da existência do IST, do seu fundador, do político que lhe deu existência legal, daqueles que de modo principal contribuíram para a vida e obra do Instituto Superior Técnico, de tudo isso se falou, historiograficamente, citando, referindo fontes, solicitando depoimentos aos departamentos.

Este número comemorativo dos 80 anos quisemo-lo diferente: projecta-se no futuro.

Não por adivinhação mas tão somente pelas enormíssimas potencialidades da realidade Técnico-1991: no Ensino, na Investigação, no extenso e profundo envolvimento dos seus docentes e unidades de investigação e ensino em projectos nacionais e internacionais, nomeadamente quantos respeitam à Comunidade Europeia.
Sem pretendermos ser exaustivos, ouvimos, solicitámos a colaboradores antigos da Técnica, especialistas que são, depoimentos nessas áreas, todas elas importantes, todas do seu pleno conhecimento e actuação.

Quando aceitei o honroso convite que os alunos me fizeram, aceitei, disse-o à AEIST: apenas seria Director Científico da Técnica se o fosse na qualidade de antigo aluno do IST, sempre aluno, nunca como professor, em conformidade com os princípios que sempre defendi relativamente à Técnica.

Fácil tem sido o trabalho com os alunos, gratas e importantes têm sido as relações com o Conselho Directivo do IST, nomeadamente com o Presidente do IST, Professor Diamantino Durão.

Dificuladades materiais algumas, mas também a grande esperança de que a Técnica continuará a aumentar o seu nível científico e técnico. Afinal, realidades difíceis e compensações de prosseguimento que estarão sempre em fatal companhia.

As minhas palavras serão pois de aluno e nessa circunstância também me projectarei no futuro. Idealmente serei o aluno de hoje com a experiência das anteriores idades.

Assim começo por citar as palavras que escrevi em 14 de Março de 1961, no Jornal da Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico, por ocasião do cinquentenário do IST.

"*Fundado em 1911, completa este ano o Instituto Superior Técnico cinquenta anos de existência.*

É um facto importante na vida Portuguesa e especialmente sentido por todos os seus antigos e actuais alunos que em estreita colaboração com a Escola desenvolveram já os melhores esforços para uma condigna comemoração do cinquentenário do Instituto.

Não me compete historiar o passado pois que não sendo remoto há quem, por o ter vivido, o possa fazer de melhor maneira, animado pelo doce sentimento da recordação.

Com o tempo resta o essencial e a cinquenta anos de distância é motivo de principal admiração e gratidão para com o Doutor Alfredo Bensaúde que tenha fundado entre nós uma escola de engenharia comportando cinco especialidades servidas por uma sólida base comum de ensinamentos

nos domínios da Matemática, Física e Química que em síntese e com propriedade se designou por Instituto Superior Técnico.

Tudo o mais é decorrente....."

Logo a seguir, em 1962, emanação das comemorações do cinquentenário, realizou-se no IST o congresso do Ensino de Engenharia. Acontecimento notabilíssimo, foi antes de mais uma crítica profunda do Ensino Universitário, das essências indispensáveis à sua realidade e prática: ensino original e inovador, investigação intramuros, serviço à comunidade.

Contribuiu de modo notável o Engenheiro Manuel Rocha.

Colaborei, apresentando uma comunicação "Da investigação científica na Universidade e na Indústria".

Nos 25 anos do Instituto; as Bodas de Prata. Que melhores palavras para as assinalar do que as de Mira Fernandes, expoente máximo do nível do nosso ensino que sempre e em síntese apurava o essencial:

"Fez vinte e cinco anos, em 13 de Novembro findo, o Instituto Superior Técnico, no exercício da sua missão docente, se não nos textos de lei que lhe conferiram existência e personalidade (...).

A pobreza das suas instalações, a miséria dos seus recursos materiais, a hostilidade surda ou expressa dos interesses adquiridos; a descrença de muitos, a indiferença do maior número; nada impediu que o Instituto, numa rápida afirmação de vitalidade, ocupasse, a breve trecho da sua criação, um lugar de honrosa referência, no elenco das escolas superiores do País. Porquê? (...).

Em que medida e de que maneira contribuíram, para tão feliz resultado, a posse efectiva e o uso prudente e judicioso de uma ampla autonomia administrativa e pedagógica, sob a discreta superintendência do Estado? (...).

Quanto deve o conseguimento dessa comunhão de ideais, a que atrás aludo, ao espírito de colaboração entre professores e alunos, por todos manifestado e cultivado, desde a primeira hora, promovendo iniciativas, suscitando curiosidades, estimulando vocações; e creando, sobretudo, hábitos de trabalho e a confiança no próprio esforço? (...).

O Instituto Superior Técnico tem hoje uma casa; oxalá continue a ser um lar".

Esta nova casa eram as novas instalações do IST, que arrancaram a funcionar pelos anos de 1936 e 1937, exactamente nos 25 anos do Instituto.

Ficaram-se devendo a Duarte Pacheco, Director insigne do IST, impulsionador de uma Engenharia Portuguesa de grande dimensão, criador de espaços e motivos. Desafios ao saber, competência e inteligência dos alunos do IST. Não só evidentemente, mas onde os antigos alunos do Técnico tiveram acção notável e dos mais notáveis citamos dois: Ferreira Dias - Companhia Nacional de Electricidade, Manuel Rocha - Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Dois, indissoluvelmente ligados às suas obras maiores.

Alfredo Bensaúde, organizador do Instituto Superior Técnico e seu director desde 1911 a 1920, terminou em 1921 e publicou em 1922 na Imprensa Nacional de Lisboa as célebres Notas Histórico-Pedagógicas sobre o Instituto Superior Técnico.

Terminava assim a Introdução àquilo que ainda hoje é conselho permanente e motivo de séria reflexão:

"Considero a redacção destas notas como o último acto da missão de que me encarregou o Governo Provisório, embora esta não esteja inteiramente cumprida. A obra não poderá considerar-se completa enquanto o Instituto não for convenientemente instalado; mas, graças, sobretudo, à colaboração dos meus colegas, conseguiu-se o mais difícil: fazer duma escola decadente e desacreditada um dos melhores estabelecimentos de ensino do País, segundo opinião de nacionais e estrangeiros competentes. Esse resultado constitui a demonstração experimental da utilidade dos processos adoptados no Instituto, cuja descrição poderá ser de alguma utilidade imediata ou remota para as nossas escolas. É também esta última consideração que me levou a redigir estas notas, cuja doutrina é da minha exclusiva responsabilidade.

Duas circunstâncias podem aniquilar o Instituto: a primeira e talvez a mais de recear é a facilidade (não ouso escrever a inconsciência) com que se decretam reformas, comprometendo quase sempre os resultados adquiridos. A segunda reside nas dificuldades financeiras do país; a actual depreciação da moeda tornará impossível a vida normal da escola, se as suas receitas não forem consideravelmente aumentadas.

Se, por infelicidade, essas ou outras circunstâncias determinarem a ruína do Instituto ou do espírito que nele domina, ainda a experiência não terá sido inútil; preparou ele para a vida profissional um número elevado de bons discípulos e mostrou ao mesmo tempo pratica-

mente como é bastante fácil conseguir tal resultado quando, ao organizar e conduzir a escola, se põe de parte qualquer outra preocupação que não seja o progresso do ensino.

É com pesar que abandono a direcção do Instituto, o que faço não só por considerações pessoais, alheias aos serviços da escola, que a isso me obrigam, mas também por temer que, nas condições actuais, o Instituto degenere sem que esteja nas nossas mãos evitá-lo, não querendo , nesse caso, presidir à ruína da obra cuja edificação foi, durante anos, a minha preocupação quase exclusiva; além disso, também porque os cuidados da direcção do Instituto, que é uma escola bastante complexa, juntamente com os do ensino, são absorventes em excesso para um professor no fim da sua carreira e na idade em que começa a sentir-se o peso dos anos."

A páginas 145 dessas Notas, no fim, em apêndice, Alfredo Bensaúde apura e publica:

"Situação que ocupam os antigos alunos do Instituto Superior Técnico"

Segue-se uma plêiade de engenheiros que influíram de modo importante nos destinos deste País.

Como Bensaúde cuidava e se preocupava com os seus alunos!

Sempre os alunos, ingredientes do futuro.

Na qualidade de professor, sentindo, no entanto, como antigo aluno, que sempre se sentiu bem com a Matemática, escrevi assim, ou quase assim, na introdução da publicação referente ao Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores:

"*O nível atingido em Matemática medirá o horizonte tangível*".

Sem altura não se irá longe, pelo menos em consciência de ver e saber ir.

Como antigo aluno, tão antigo que já neste momento sou o professor decano da Universidade Técnica de Lisboa e também e, portanto, do IST, não perdi o entusiasmo dos jovens mas adquiri a experiência dos antigos.

Quanto importa é continuar. Continuar, preceito supremo de vida recebida.

Continuar é, no ensino, propiciar aos alunos os voos mais altos, aqueles de que potencialmente sejam capazes.

Pragmatismo, aplicação, são exigências óbvias.

Mas em condição nacional e internacional de baixo nível se não se alicerçarem em prévia e conseguida formação.

A Escola de Bensaúde não se caracteriza por um inventário de receitas, de instruções, normas e regras, mas sim por uma formação que permite enfrentar o difícil, um encorajamento intelectual alcançado que não vacila perante a dimensão da dificuldade, uma consciência crítica e auto-crítica capaz de permanente análise, evolução e adequação.

Quantas outras escolas não existirão assim e ainda bem.

Mas aquela onde, como aluno, me senti bem era assim. Aquela que na qualidade de professor construo e onde, nestes tempos sou, ainda é assim.

Como eu teria pena se a minha terra se perdesse da história onde se forjou. Como eu teria pena que o Instituto Superior Técnico quisesse mudar de nome ou, sem que assim fosse, perdesse a sua alma.

Que a altura que Bensaúde nos apontou se conserve.

Que a dimensão da Engenharia que Duarte Pacheco nos ofereceu continue a ser a nossa.

Que Mira Fernandes continue a ser a medida da nossa formação geral.

Que a Técnica seja e se conserve entre os alunos.

Que à Técnica, espaço livre, aberto a todos os cientistas e técnicos, acorram todos aqueles que contribuem para o desenvolvimento da Engenharia e Ciências Básicas Afins.

Assim esperamos no além dos 80 anos.

Mérito, no nosso entender, terá todo aquele que além de aceitar e entender, sinta, acima de tudo que deve ser assim.

Para quê?

Tão simplesmente para que o IST continue.

Associação de Estudantes do Instituto Superior Técnico

80 anos a servir os estudantes

80 anos a servir Portugal

A Técnica e o Técnico

Paulo David Simões
Director Executivo da Técnica, revista de Engenharia

Instituto Superior Técnico, A.D. 1911.

"Carecemos de ter bons engenheiros, e não só é mau, por ser deficiente, o ensino que fazemos da engenharia, mas até mesmo alguns ramos e dos mais importantes, d'esta sciencia applicada, não figuram no quadro dos nossos estudos.

Para remediar tão lamentável falta, o Governo Provisório da República Portuguesa, decreta para valer como lei, que o Instituto Industrial e Commercial de Lisboa, seja dividido em duas escolas inteiramente autónomas, o Instituto Superior do Commercio, cuja remodelação será ulteriormente decretada e o Instituto Superior Technico [...]." [1]

Uma das consequências da Revolução de 5 de Outubro de 1910 foi a criação do I.S.T., pelo decreto de 23 de Maio de 1911, planeado nas suas vertentes pedagógica e científica pelo seu primeiro Director - Professor Alfredo Bensaúde - em estreita colaboração com o primeiro Ministro do Fomento da República - Dr. Brito Camacho. Em 13 de Novembro começam as primeiras aulas.

Em Dezembro deste ano é criada a Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico. Não perderam tempo os nossos colegas e logo publicaram os primeiros estatutos, pelo que o Instituto e a sua Associação de Estudantes terão sempre a mesma idade.

Instituto Superior Técnico, A.D. 1925.

Nasce de pais carolas, com o auxílio de uma máquina de escrever e de um duplicador, uma criança de algumas páginas e muita sabedoria: a *Técnica - Revista de Engenharia*.

Intimamente ligada ao I.S.T. e sobretudo aos seus alunos, que a criaram, a revista viu a luz do dia em Dezembro, precisamente 14 anos após o lançamento da A.E.I.S.T.. Fernando de Souza, Presidente da Associação dos Engenheiros Civis Portugueses, escrevia no primeiro número:

"A revista técnica, vinda agora a lume, será o reflexo da formação profissional dos nossos engenheiros, o testemunho do esmero havido em os preparar para o seu mester.

[...]

Incentivo para o estudo, pode e há-de ser também a revista, util repositório de conhecimentos e instrumento do progresso técnico, tão necessário no nosso acanhado meio industrial.

[...] fazendo votos pela próspera e longa vida da revista para lustre da engenharia portuguesa e do Instituto, votos que exprimirei pela consagrada aclamação: *Ad multos annos!*" [2]

Instituto Superior Técnico, A.D. 1936.

Em 23 de Maio o I.S.T. e a A.E.I.S.T. comemoram as suas Bodas de Prata com um presente especial: a mudança para as novas instalações do Arco do Cego.

Esta alteração essencial para as décadas seguintes do Instituto, deveu-se à visão de um brilhante engenheiro e competente organizador - Duarte Pacheco. Enquanto Director do I.S.T., Ministro da Instrução Pública, Ministro das Obras Públicas e Comunicações e Presidente da Câmara Municipal de Lisboa, este engenheiro electrotécnico teve sempre em mente o desenvolvimento do seu Instituto, de Lisboa e do país numa perspectiva de longo prazo, não lhe bastando o dia de amanhã. Haveria de morrer tragicamente num acidente de viação com 43 anos de idade.

A *Técnica* não se esqueceu das Bodas de Prata e publica um número especial com textos do Arquitecto Pardal Monteiro, do Professor Alfredo Bensaúde e do Professor Mira Fernandes. Este último diria então:

"O Instituto Superior Técnico tem hoje uma casa; oxalá continue a ser um lar." [3]

Instituto Superior Técnico, A.D. 1961.

O Instituto e a sua Associação de Estudantes comemoram as suas Bodas de Ouro com uma grande realização: o Congresso do Ensino da Engenharia. Tal como o Director da Secção de Antigos Alunos diria então no número especial da *Técnica*:

"[...] poder-se-á afirmar que o Intituto Superior Técnico iniciou o segundo meio século da sua existência prestando ao País um grande e relevante serviço [...]." [4]

Instituto Superior Técnico, A.D. 1986.

As Bodas de Diamante do I.S.T. e da A.E.I.S.T. são devidamente assinaladas no Instituto com vários eventos organizados ao longo do ano. Saliente-se a cerimónia inaugural das comemorações com a presença do Presidente da República, do Ministro da Educação e Cultura e do Reitor em Exercício da Universidade Técnica de Lisboa.

A *Técnica* toma parte activa nas Bodas de Diamante e edita dois números especiais: um dedicado ao Instituto e outro à sua Associação de Estudantes. São edições únicas e testemunhos de grande significado pelo esclarecimento exaustivo que fazem da história passada, para além de descreverem a situação do I.S.T. aos seus 75 anos de idade.

O Presidente da A.E.I.S.T., Raúl Gonçalves, escreveria então sobre a *Técnica:*

"Tendo nós a noção que uma revista como esta que muito já deu ao Técnico e ao País não pode viver de subsídios, procuramos rentabilizá-la mantendo a sua periodicidade e a sua actual qualidade.

No entanto e se hoje não forem dados os apoios necessários a ela não será possível fazê-lo correndo nós o risco de terminar esta revista de tanto valor e história. No panorama actual da literatura científica e técnica publicada em português, vão-me desculpar a expressão, seria um verdadeiro crime." [5]

Instituto Superior Técnico, A.D. 1991.

No ano da capicua do século XX, faz-se este número especial de "futurologia científica".

Aos 80 anos de vida do Técnico propomo-nos, com a preciosa ajuda de brilhantes especialistas da nossa casa, pensar o futuro e ilustrar não só as suas potencialidades, como as dificuldades com que nos iremos deparar.

Esperemos que os artigos aqui apresentados sirvam aos mais novos do Técnico, oferecendo um precioso contributo informativo e, eventualmente, ajudando-os nalgumas escolhas que tenham de fazer. Aos menos novos do Técnico, julgamos estar a proporcionar um interessante confronto com as suas próprias ideias sobre o futuro da engenharia.

Certamente todos ansiamos, dentro de uma geração, comparar a futurologia de hoje com o presente de então.

Instituto Superior Técnico, A.D. 2011.

No primeiro centenário do Instituto, a Direcção da *Técnica - Revista de Engenharia* recebe os artigos por correio electrónico já pré-processados pelos autores. Após uma etapa de edição informatizada, a revista é enviada pela Rede Digital de Integração de Serviços (RDIS) de banda larga a casa de cada assinante. Aí todos os discentes, docentes e investigadores do Técnico, de outras faculdades e um grande número de engenheiros têm a oportunidade de ler os artigos da revista num dos seus receptores de televisão de alta definição (HDTV) anti-reflexo de 30 polegadas e de aspecto rectangular.

Bom... Na realidade a Direcção da *Técnica* continua a enviar a revista, via RDIS, para uma gráfica para ser impressa. É que há pessoas que já não podem passar sem a *Técnica*... de papel!

Uma vez por mês a *Técnica* divulga alguns dos melhores trabalhos de investigação científica e desenvolvimento tecnológico produzidos, essencialmente, pelos investigadores do próprio Técnico, incluindo trabalhos de fim-de-curso. Tornou-se já prática corrente citar nas aulas, e utilizar em trabalhos laboratoriais e de pesquisa, artigos da *Técnica* de investigação de ponta ou de síntese nos domínios das ciências de engenharia.

Uma das secções mais populares da revista continua a ser a da divulgação dos trabalhos de I&D que decorrem nas empresas. Tal advém do facto de, nestes primeiros anos do século XXI, ter-se assistido em Portugal a um aumento considerável do orçamento empresarial para investigação aplicada e desenvolvimento de novas tecnologias.

Há 25 anos o Professor Abreu Faro escrevia no número especial das Bodas de Diamante:

"Deseja-se vivamente que no Centenário do Instituto Superior Técnico o I.S.T. e a *Técnica* continuem a comemorar o passar dos anos da grande Escola de Engenharia que é o Instituto." [5]

A *Técnica* e o Técnico nasceram de mãos dadas pela força dos estudantes...

Que assim continuem e sejam felizes!

Referências:

[1] Decreto de criação do Instituto Superior Técnico, Ministério do Fomento, 23 de Maio de 1911.

[2] *Técnica*, n.1, Dezembro 1925.

[3] *Técnica*, número especial - Bodas de Prata, 1936.

[4] *Técnica*, número especial - Bodas de Ouro, Março 1961.

[5] *Técnica*, número especial - Bodas de Diamante, Outubro 1986.

Livraria/Papelaria Divulgação

AO SERVIÇO DO I.S.T.

* LIVROS NACIONAIS E ESTRANGEIROS * MAT. PAPELARIA

* MAT. DESENHO * OFERTAS

* RESERVAS CLIENTES * IMPORTAÇÕES

* VENDAS A CRÉDITO

* DESCONTOS AOS SÓCIOS DA A.E.I.S.T.

Livraria/Papelaria DIVULGAÇÃO
(Concessionária da A.E.I.S.T.)
Av. Rovisco Pais – 1000 Lisboa
Tels.: 847 34 21/55, 848 40 08/52, Exts.: 1852 (papelaria), 1853 (livraria) – Fax: 89 92 42

CDL – Central Distribuidora Livreira, SA

O Instituto Superior Técnico e a Engenharia em Termodinâmica (O Passado, o Presente e o Futuro em 1980)

J. J. Delgado Domingos

0 Nota prévia

O texto que se segue foi escrito em 1980 e destinava-se a ser integrado na edição comemorativa dos 50 anos da Universidade Técnica. Desta edição apenas foi publicado o 1º Volume, da autoria do Prof. Veríssimo Serrão.

No 2º Volume seriam reunidos textos relativos a cada uma das grandes áreas de engenharia professadas no Instituto Superior Técnico na perspectiva da integração de Portugal na Comunidade Económica Europeia, que se esperava ver concretizada a curto prazo, como de facto veio a suceder.

Por razões que desconheço, o volume a que este e outros textos elaborados por Professores do IST (com idêntica perspectiva e correspondendo a igual solicitação do Reitor da UTL) se destinavam, nunca foi publicado.

Desde 1980, o Instituto Superior Técnico expandiu-se consideravelmente e de entre os múltiplos factores que o permitiram encontra-se a capacidade que demonstrou de potenciar os benefícios da entrada de Portugal na CEE na fase de pré-adesão. Tal capacidade revelou-se logo que surgiram factores favoráveis à sua demonstração (e poderiam não ter sido os que a CEE propiciou...) e é fruto do trabalho de quantos numa fase anterior o prestigiaram e dignificaram e conseguiram, em condições muito adversas, implantar uma investigação de qualidade no IST e promover com base nela um alargado e forte relacionamento internacional com as melhores Universidades, Instituições de Ensino e Investigação na Europa e na América do Norte, juntamente com a interacção possível com as empresas nacionais.

Divulgar o texto que se segue com uma década de atraso exige esta nota prévia para o situar no contexto que o ditou. Divulgá-lo agora corresponde ao público imperativo de solicitar aos protagonistas mais destacados da evolução verificada após 1980 que façam a sua actualização. Não só a actualização de factos históricos mas também a revelação dos princípios inspiradores que os nortearam e das reflexões pessoais que a década entretanto decorrida lhes suscitou e suscita na perspectiva do país e da integração plena na CEE que dentro em pouco formalmente se completa. Reflexão necessária e certamente difícil quando o vertiginoso crescimenteo do IST e o seu evidente sucesso, empresarial e público, **podem** levar às mais graves confusões entre os meios e as finalidades e à queda fácil na ideologia de um sucesso a qualquer preço, sucesso que **pode** rapidamente transformar-se na mercantilização de tudo, a começar na finalidade primeira que é um ensino e uma formação humana de exigente rigor moral e intelectual.

A Universidade e a Investigação na Europa da CEE, e não só, quando imitada fora do contexto social e de rigor intelectual e moral em que se insere, tem tendência a florescer no que de mais execrável e humanamente aviltante nela também se contém.

Compreender-se-á facilmente que o texto que se segue não é um ensaio de História mas apenas um esboço de reflexão sobre um passado que sempre vivamente me interessou, juntamente com o relato fugidío de factos que presenciei e vivi sobretudo no âmbito da Engenharia Mecânica e da criação e desenvolvimento do seu ramo de Termodinâmica Aplicada, a que o estádio de desenvolvimento do país e do IST em 1970 não permitiu designar por um nome porventura mais adequado ao conteúdo que se pretendia que tivesse.

Tratando-se de um testemunho pessoal e parcelar, a divulgação do texto é simultaneamente o pedido para que outros o completem e porventura o corrijam.Se tivesse de abordar de novo o tema, sem limitações de tempo nem de espaço, expandi-lo-ia em múltiplos aspectos em termos documentais e integrá-lo-ia na perspectiva mais ampla dos últimos 40 anos do país e da sua interacção com o IST, na perspectiva pessoal de quem os viveu, por vezes com grande intensidade.

Nos últimos 40 anos o IST foi um espelho do País. Não foi, nem o centro do Universo que uns quantos pensaram redutíveis às suas paredes com a ajuda de polícias e cães-polícia, nem o templo da democracia e de génios mais recentemente florescidos que outros gostariam de imaginar. Foi, isso sim, um local onde as convicções para

Original recebido para publicação em 18 de Outubro de 1991

se afirmarem tinham de ser profundamente sentidas porque era arriscado tê-las no ambiente hostil que o cercava. As relações com o poder político, sendo pragmaticamente ambíguas, não eram subservientes. As dificuldades sublimam quase sempre as qualidades, e o pragmatismo dos engenheiros quando cultos tem valor inestimável, quando o mundo se encontra em fase de mudança rápida. Não é por isso de surpreender a rápida ascenção ao destaque público dos antigos licenciados do IST. É este actual destaque que aumenta as responsabilidades da Escola que de tanto lisongeada se arrisca a perder o distanciamento que permite destrinçar o fundamental do acessório e o fascínio da ascenção com o prelúdio da queda.

1 Período anterior a 1820

"*Entre 1780 e 1850, em menos de três gerações, uma revolução de enorme alcance, sem precedentes na história da humanidade, mudou a face de Inglaterra. A partir de então, o mundo não mais seria o mesmo.*

...A revolução industrial abriu um mundo completamente diferente de novas e inexploradas fontes de energia ... um mundo no qual o homem se tornou capaz de manipular quantidades de energia inconcebíveis na idade bucólica precedente" [1].

"*As primeiras fases da Revolução industrial - grosso modo até 1800 - foram largamente baseadas na utilização de técnicas medievais e na extensão destas até aos seus limites ... Embora a utilização crescente de energia seja uma das tendências típicas da altura, é incorrecto pensar-se que tal utilização o foi predominantemente em termos de (máquinas a) vapor (...); efectivamente e até muito depois de 1800, os novos projectos em quase todas as indústrias, utilizavam a energia hidráulica e não a energia térmica como fonte primária de energia para acionamento da maquinaria...*

Este facto permite sublinhar que **a rotura da continuidade tecnológica se deu no princípio da idade média e não no século dezoito**" [2].

Em Portugal, o período das descobertas marca uma síntese original e avançada do conhecimento científico e técnico da época traduzido no domínio empírico da energia do vento que se reflecte nas caravelas e nos moinhos de vento.

Como a arqueologia industrial é praticamente inexistente em Portugal, historiar e analisar o contributo dos portugueses para o desenvolvimento e utilização de máquinas motrizes é muito difícil. Refiram-se, todavia, para além dos moinhos de vento e das caravelas, as rodas hidráulicas, as azenhas de mar e de rio e os moinhos de maré.

A indústria surgiu em Portugal nos finais do século XVII. Em defesa da sua enorme importância para o futuro de Portugal se pronunciava já publicamente, em 1675, o Embaixador de Portugal em Paris, Duarte Ribeiro de Macedo ao publicar "O Discurso sobre a Introdução das Artes do Reyno".

A indústria de vidro foi estabelecida em Lisboa em 1670-71. Indústrias têxteis surgiram em Estremoz (1671-72), Lisboa (1677-79) e nas regiões da Covilhã, Fundão e Tomar (1671-81).

Fundições de ferro apareceram em Lisboa, Tomar e Figueiró dos Vinhos (sobretudo a partir de 1680)" [3].

A política de "industrialização" foi abandonada na sequência da descoberta das minas de ouro no Brasil (1693-95).

No governo de Pombal (1769-77) uma política mais frutuosa foi retomada e em 1776 havia em Portugal "umas 30 unidades com mais de 3.500 operários" [3].

Diversos tipos de teares mecânicos entraram em Portugal nas décadas de 1770, 1780 e posteriores, vindas de Inglaterra.

A força motriz era predominantemente hidráulica o que influenciou decisivamente a localização destas unidades. Este foi, por exemplo, o caso da Covilhã.

Estritamente ligadas a uma "industrialização" que não ganhou raízes, a tradição tecnológica medieval perdeu-se e as máquinas motrizes não suscitaram qualquer estímulo inovador.

Como a primeira fase da revolução Industrial não se repercute significativamente em Portugal, também não se criam as condições que estimulariam a fase seguinte caracterizada pela utilização crescente do vapor e das máquinas térmicas.

O atraso crescente que se acentua, não se radica porém em causas de origem científica e tecnológica se tivermos em conta que **"uma revolução industrial é acima de tudo um facto sócio-cultural...***(o que) se torna evidente ao constatar-se que os primeiros países a industrializar-se forma os que tinham a menor percentagem de iletrados, as maiores semelhanças culturais com Inglaterra*" [1], e uma situação agrícola próspera.

O ouro do Brasil, tendo ajudado a liquidar uma industrialização propícia ao futuro industrial português serviu, simultaneamente, para estagnar a produção nacional e para financiar a revolução industrial inglesa.

Sendo uma revolução industrial, acima de tudo, um facto sócio-cultural, a situação portuguesa na época é limpidamente espelhada por José Arriaga [4] quando escreve:

"... Num país em que morreram as ciências e as letras, paralisando-se toda a actividade intelectual e atrofiando-se os mais nobres sentimentos, não podia realizar-se a grande revolução de 1820 sem haver primeiro uma preparação dos espíritos. Tal foi uma das sublimes missões de Sebastião José de Carvalho (...)".

D. José não herdou somente um Estado arruinado, deserto, inculto e sem rendimentos próprios, mas tradições seculares inimigas de todo o progresso e de qualquer inovação, hábitos inveterados que não deixaram germinar as ideias mais sãs e fecundas, e superstições que fizeram do povo português uma raça desprezível e inferior".

2 De 1820 a 1910

1. Em 1850, a Revolução Industrial tinha penetrado na Bélgica, França, Alemanha, Suiça e Estados Unidos da América do Norte. Em 1900 tinha-se estendido à Suécia, Itália, Rússia, Japão e Argentina [1].

Em Portugal *"até 1835 não existiam máquinas a vapor com fins industriais.*

Em 1840 havia quatro, com uma potência total de 79 cavalos vapor...

Em 1881, a indústria portuguesa empregava uma potência total de 9087 C. V. (...)

"A Bélgica, metade de Portugal em tamanho, servia-se de 720.000 C.V. nos começos da década de 1900, contra 111.000 em Portugal"[3].

Uma consequência indirecta da revolução industrial e seguidamente um dos seus impulsionadores determinantes foi o caminho de ferro. A primeira linha, no sentido moderno da palavra, foi inaugurada em 1830, ligando Liverpool a Manchester. Em 1856 começaram a circular os primeiros comboios em Portugal, ligando Lisboa ao Carregado.

Em 1894, Portugal situava-se internacionalemente em 10º. lugar quanto à densidade de via férrea por Km^2.

As ligações ferroviárias com a Europa iniciaram-se na década de 1860.

Em 1912, a via férrea nacional tinha 2974 Km^2, praticamente o que tem hoje.

Este surto no transporte ferroviário, e a utilização crescente de máquinas motrizes de origem térmica não estimulou, porém, o aparecimento correlativo das indústrias de bens de equipamentos. Ficámo-nos por isso ao nível primário da manutenção rudimentar dos equipamentos importadôs.

A Revolução Industrial iniciou-se em Inglaterra pela conjugação de múltiplos factores políticos, sociais e económicos, não podendo atribuir-se ao impacto de nenhuma descoberta científica ou desenvolvimento tecnológico particular e comtemporâneo. Estes foram, na fase inicial, mais o efeito que a causa. Não houve por isso nenhum esforço concertado de preparação de cientistas e técnicos. Em contrapartida, os estados alemães encararam de modo deliberado a formação de técnicos superiores para a nova realidade industrial aberta pela Inglaterra. Por esse facto, as Universidades de Berlim (1810), Breslau (1811), Bonn (1818) e Munique (1826) foram fundadas ou reorganizadas e as instituições do tipo técnico enquadradas nos princípios da educação técnica superior assentes nas disciplinas científicas. Nos meados do século XIX, alguns dos colégios técnicos alargaram o seu âmbito transformando-se em instituições politécnicas conhecidas por "Technische Hochschulen". A primeira foi fundada em 1851, em Dresden, mas a sua origem vinha de 1828. Seguiram-se mais oito, até 1879. A de Berlim, cujas origens remontam a 1799, foi fundada em 1866. Simultaneamente, expandiram-se as escolas técnicas intermédias, as chamadas "Realschulen", que por 1820-30 existiam em praticamente todos os estados.

Este desenvolvimento, sistemático e planeado, dos estudos técnicos superiores na Alemanha foi sentido em Inglaterra como uma ameaça ao seu predomínio futuro. A plena consciencialização para o perigo deu-se com a grande Exposição Industrial realizada em Londres em 1851 e dela se encontra eco na imprensa da época.

Consciente do facto e por sua iniciativa directa, o príncipe (consorte) Alberto, havia já fundado em Londres, em 1845, o Royal College of Science, a que se seguiu a Royal School of Mines (1851) e o City

and Guilds College (1884). As três instituições foram agrupadas em 1906 no Imperial College of Science and Technology, que veio a fazer parte da Universidade de Londres.

Na sua criação e organização a influência alemã foi dominante. O príncipe Alberto, marido da Rainha Vitória, era alemão, como se sabe.

Entretanto, do outro lado do Atlântico, nos Estados Unidos da América do Norte, já havia em 1830 cerca de 100 Universidades ou Colégios Universitários; em 1860 o seu número crescera para cerca de 500.

O estado mantinha-se, todavia, praticamente alheio a este esforço. A situação alterou-se em 1861 através de uma política de incentivos e donativos visando a criação e funcionamento nos vários estados da União de instituições destinadas "ao encorajamento da agricultura e das artes mecânicas".

No final do século XIX existiam três categorias de instituições dedicadas à educação em ciências e engenharia: os institutos privados de tecnologia (p.ex. Rensselaer e Massachussets); as escolas privadas ligadas a Colégios e Universidades estabelecidas (p.ex. Harvard, Yale, Dartmouth); e as escolas inteiramente fundadas pelos estados e financiadas pelo Governo Federal (p.ex. Universidade de Michigan).

A influência germânica era marcante em muitas destas escolas, quanto à organização dos curricula.

Em Portugal, o Instituto Industrial e Comercial de Lisboa foi fundado em 1852. Por alturas de 1910, Alfredo Bensaúde faz uma exposição ao Ministro do Fomento onde afirma que:

"*é incontestável que (... o Instituto Industrial e Comercial de Lisboa) não tem satisfeito completamente as nossas necessidades e por isso o Estado tem procedido a reformas sucessivas. Reconhecida pouco depois a insuficiência da última reforma, torna a remodelar-se o Instituto, e assim sucessivamente*"... (...como resultado) **"O Instituto encontra-se decadente"...** [5].
Do breve esboço anterior, extraiem-se facilmente algumas ilações:

O acto sócio-cultural que fecunda uma revolução industrial continuava a não se verificar na extensão e profundidade requeridas, apesar das reformas profundamente inovadoras de Pombal, da revolução de 1820, e das convulsões sociais que se lhe seguiram.
As acções de fomento, muito notáveis, da monarquia constitucional, não ganhavam raízes profundas. A burguesia portuguesa permanecia fraca e a iniciativa e/ou proteccionismo estatal não conseguiam alterar significativa e duradouramente a situação. A iniciativa privada não se afirmava.

- O exemplo germânico (em que a organização e estrutura do ensino técnico a todos os níveis desempenhava um papel determinante e inspirava todos os países industriais modernos) não colhia em Portugal.
- A distância entre Portugal e os países industrializados aumentava.
- A situação portuguesa, lúcida e profundamente sentida por homens como Alfredo Bensaúde que, aberto ao mundo e forte da sua experiência pessoal como aluno de Universidades Alemãs, apresentara em 1892 um "Projecto de reforma do ensino tecnológico para o Instituto Industrial e Comercial de Lisboa", continuava à espera do catalizador social e político que permitisse implementá-la.

Foi preciso a mudança de regime em 1910 para que em 1911 Alfredo Bensaúde fosse ouvido e dispuzesse da oportunidade para aplicar as suas ideias. Delas nasceu o INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO.

3 De 1910 a 1980

O Instituto Superior Técnico foi criado em 1911, num acto de grande visão e coragem política do Ministro do Fomento, Brito Camacho.

A sua direcção e organização foi confiada a Alfredo Bensaúde.

A análise da situação nacional no ensino técnico, as razões do fracasso de sucessivas reformas e a filosofia orientadora do novo Instituto são lapidarmente expostas por Alfredo Bensaúde nas suas "Notas Histórico-Pedagógicas sobre o Instituto Superior Técnico", publicadas pela Imprensa Nacional em 1922.

A maioria das suas reflexões e críticas são tão válidas em 1980 como o eram em 1892 ou em 1921.
Em Abril de 1921 era premonitório ao afirmar:

"Duas circunstâncias podem aniquilar o Instituto. A primeira e talvez mais de recear é a facilidade (não ouso escrever a inconsciência) com que se decretam reformas, comprometendo quasi sempre os resultados adquiridos.

A segunda reside nas dificuladades financeiras do país; a actual depreciação de moeda tornará impossível a vida normal da escola, se as suas receitas não forem consideravelmente aumentadas".

4 A Termodinâmica e as máquinas motrizes

Logo no primeiro curriculum, em 1911, para além das disciplinas de Física e Matemática aparecem individualizadas:

- Termodinâmica
- Hidromecânica
- Máquinas Térmicas (bienal)

Com pequenas flutuações de terminologia, uma disciplina de Termodinâmica individualizada, anual, fez sempre parte do curricula de engenharia mecânica.

Uma disciplina de geradores e máquinas de vapor existiu até à reforma de 1955, em que foi substituída por Caldeiras e Permutadores de Calor, tornada de opção com Aeronáutica.

De igual modo, existiram disciplinas individualizadas referentes a Motores Térmicos (excluindo os de vapor) Turbinas e Máquinas Hidráulicas.

Sob o aspecto curricular, não podem considerar-se significativas as alterações neste domínio até à reforma de 1970.

O ensino nestas matérias era sobretudo prático, com ênfase no desenho mecânico, e não teve reflexos significativos no arranque de actividades industriais de projecto e fabricação de equipamentos em Portugal.

A actividade experimental e laboratorial nunca atingiu um nível elevado, pois nunca o IST dispôs de um Laboratório de Máquinas condignamente equipado, como aliás Alfredo Bensaúde reconhece e acentua em 1921, apesar dos esforços efectuados para colmatar essa lacuna importante. Com a passagem do IST do Conde Barão para as suas instalações actuais (em 1936-37) a situação ainda piorou pois não só a nova área disponível era mais reduzida, o que veio impedir a instalação de equipamento já existente, como não houve aquisições significativas de novo equipamento. O curso de Engenharia de Máquinas esteve mesmo para ser extinto por haver poucos alunos e quem, superiormente, o entendesse inútil dando assim uma clara ideia do que em Portugal se entendia por industrialização e progresso.

A situação quanto a Laboratórios e Oficinas continuou a degradar-se no período do pós-guerra. A velha caldeira Babcock & Wilcox, que devia fornecer parte do vapor para o aquecimento central do IST como subsidiário da sua função de ensino, acabou por ser desmantelada para que no espaço ocupado pudesse ser construído o actual Complexo Interdisciplinar.

As contrapartidas, solenemente registadas em acta do Conselho Escolar (em que tomei parte) nunca se materializaram. O sistema de aquecimento central do IST, de que a referida caldeira fazia parte integrante, acabou por deteriorar-se sem ter sido praticamente utilizado. Hoje nada resta.
À parte algumas ofertas, o Laboratório de Máquinas apenas foi dotado de uma instalação pedagógica de turbina de gás, nos princípios da década de sessenta.

No domínio da hidromecânica, mercê do empenhamento de dezenas de anos do Professor Manuel de Barros, foi finalmente construído um laboratório de turbomáquinas hidráulicas. Tão difícil e lenta foi a sua realização que se encontrava desactualizado e inadequado quando foi simbolicamente inaugurado já depois da aposentação do seu inspirador. Este edifício constitui hoje o Pavilhão de Turbomáquinas.

Podendo inferir-se deste breve apontamente as condições materiais de ensino experimental em engenharia mecânica, mais se realça o contributo notável do Professor Abram Droz, de origem suiça, diplomado pela E.T.H. de Zurique e que até se aposentar manteve vivo no IST o interesse pelos motores térmicos, tendo contibuido significativamente para a solução de importantes problemas nacionais no período crítico da 2a. Guerra Mundial, com os seus trabalhos sobre combustíveis nacionais, com particular realce para a utilização de gasogéneos e de transformações diesel-gás nos transportes automóveis.

O Professor João Adrião de Sequeira, um dos primeiros engenheiros mecânicos do IST, trouxe ao ensino a sua relevante experiência no campo da engenharia mecânica tendo regido as disciplinas de Geradores e Máquinas de Vapor.

Sem apoios de vulto e sem estímulos, com obstáculos a vencer em permanência, as actividades no domínio da Termodinâmica e das Máquinas Motrizes degradaram-se continuamente, e o declínio acentuou-se à medida que os professores catedráticos respectivos se foram aposen-

tando sem deixar continuadores, nem estimulado a fixação no I. S. T. dos seus assistentes.

Por outro lado, as tentativas de dotar o país de uma política industrial, em que se distinguiu o Professor José Ferreira Dias, se tiveram expressão relevante no planeamento e execução dos grandes empreendimentos hidroeléctricos, continuaram sem eco ao nível do IST no domínio das turbomáquinas hidráulicas. A nível global, o país não só desprediçava a situação previlegiada de não ter entrado na guerra e de o mercado interno estar carente e protegido como ainda se alheava, sobranceiramente, do enorme esforço de reconstrução europeia no imediato pós-guerra.

Dispondo de enormes reservas em divisas, Portugal rejeitou inicialmente o Plano Marshall e só nos finais da década de cinquenta começou a despertar para a necessidade imperiosa de um fomento planeado, tendo solicitado então, em condições desfavoraveis, a ajuda que orgulhosamente regeitara pouco antes.

Representando a engenharia ligada à Termodinâmica e às Máquinas Motrizes, sobretudo na concepção e fabricação, um estádio avançado da Engenharia Mecânica, e estando a importância da própria engenharia mecânica estritamente associado ao desenvolvimento industrial, não é de surpreender o declínio daquele sector no IST a partir do momento em que o espírito combativo e profundamente inovador de Alfredo Bensaúde se foi diluindo no tempo.

No final da década de cinquenta, a frequência do curso de engenharia mecânica começou a aumentar substancialmente.

Em 1958, com a entrada para o corpo docente do Professor António Gouvêa Portela (que fora assistente do Prof.A.Droz. e autor de trabalhos muito avançados no domínio do diesel-gás), como Professor Catedrático de Máquinas Alternativas, inicia-se uma viragem profundamente significativa e de enormes repercussões.

Por sua acção directa, foi criado em 1960 o Núcleo de Estudos de Engenharia Mecânica ligado à Comissão de Estudos de Energia Nuclear.

Como nota marginal mas significativa deve assinalar-se que as bolsas de estudo para especialização (ou mestrado/doutoramento no estrangeiro) nunca "chegavam" aos engenheiros mecânicos... até aos princípios da década de 60 e que o próprio Núcleo de Estudos de Engenharia Mecânica pouco tempo se manteve ligado à Comissão de Estudos de Energia Nuclear, que sob nova orientação preferia concentrar os seus esforços na Electrónica, na Química e na Física Nuclear, sectores previlegiados no âmbito da CEEN, que gozava de um estatuto especial no âmbito do então existente Instituto Para Alta Cultura (IAC).

Sob o impulso do Professor Gouvêa Portela o ensino de Termodinâmica foi profundamente remodelado, a ênfase no conteúdo científico mais avançado passou a ser a tónica e a nova geração de engenheiros mecânicos assim formados, começou não só a utilizar plenamente a preparação físico-matemática do curso geral mas a estimulá-la e desenvolvê-la. A partir de então implantou-se verdadeiramente a investigação neste domínio, fixou-se e renovou-se quase inteiramente o pessoal docente e surgiram os primeiros doutoramentos no país e nas melhores escolas de engenharia estrangeiras.

No domínio da Termodinâmica e das Máquinas Motrizes esta renovação reflete-se já, significativamente, na reforma curricular de 1970 em que, pela primeira vez em Portugal, se cria um todo coerente de disciplinas orientadas para a formação ao mais alto nível no domínio da Termodinâmica, seus ramos e aplicações: Termodinâmica, Transmissão de Calor e Massa, Mecânica dos Fluídos, Permutadores de Calor, Termodinâmica Aplicada, Análise Numérica Aplicada à Engenharia Mecânica. Este conjunto, permitindo uma especialização através das opções entretanto autorizadas pelo Ministro Veiga Simão, formou a Divisão de Termodinâmica Aplicada.

Orientação semelhante vem depois a ser seguida em todas as restantes escolas de engenharia do país e em Angola e Moçambique, onde existia a especialidade de engenharia Mecânica. O doutoramento em Engenharia Mecânica, especialidade de Termodinânica Aplicada é também instituído, verificando-se pouco depois os primeiros doutoramentos nessa área inteiramente realizados no país.

A natureza de renovação operada manifesta-se, entre outros aspectos, nas publicações cientificas do corpo docente. Uma referência mais pormenorizada e um reflexo daquela renovação pode encontrar-se no número especial da revista Técnica, no. 437, (Dezembro 1976) dedicado ao Centro de Termodinâmica Aplicada e Mecânica dos Fluídos das Universidades de Lisboa, que em 1975 incorporou o antigo Núcleo de Estudos de Engenharia Mecânica.

Este mesmo núcleo teve um papel importante na introdução da informática nos cursos de engenharia e uma acção decisiva na criação e arranque (1971) do Centro de Cálculo da Universidade Técnica de Lisboa, que, rapidamente se tornou o mais importante Centro de Cálculo Universitário do País, apesar de não legalizado e sem quadros próprios. Legalizado em 1975, foi integrado no Instituto Nacional de Investigação Científica. Em 1980, encontra-se decadente.

Em 1972, o reconhecimento da importância dos problemas da energia para o futuro do país e da importância estratégica de que se reveste a investigação aplicada no domínio da Transmissão de Calor e Massa e da Mecânica dos Fluídos na apropriação e desenvolvimento de tecnologias avançadas, levou a propor a criação de um Instituto especializado neste domínio, o qual beneficiaría de valiosos apoios exteriores e apenas se não concretizou por razões políticas. Posteriormente, foi proposto o curso de mestrado em Conversão e Transferência de Energia, englobando um curso introdutório de reciclagem e de reconversão,destinado a suprir lacunas prementes no sector energético nacional, a que se seguia o curso de mestrado tal como habitualmente é entendido. Em 1976, foi criada por despacho conjunto dos Ministérios da Educação, da Indústria e do Ambiente a licenciatura em Energética, como uma das sequências do bacharelato em engenharia mecânica. As mudanças de orientação a nível governamental impediram a sua concretização, revertendo-se ao conceito inicial de mestrado. Esta proposta, que recebeu parecer favoravel de todos os orgãos chamados a pronunciar-se, foi a primeira apresentada pelo IST no sentido de alargar a formação que vinha ministrando a outros níveis e a outras áreas. O arranque do curso, todavia, teve de aguardar 1981 e de aceitar a amputação do ciclo introdutório.

Concretizando a importância dada aos problemas reais do país, o problema energético nacional é abordado em trabalhos de professores e alunos, desde o levantamento de recursos em formas renováveis de energia - sol, vento, mar, biomassa - ao balanço energético por distritos e à análise energética de sectores industriais, da agricultura e da pesca [10].

O mesmo grupo introduziu também, de modo sistemático e avançado, o ensino da refrigeração e do ar condicionado apoiado em investigação própria e numa perspectiva interdisciplinar, mantendo estreitas ligações com o Instituto Nacional do Frio, entretanto criado.

No sector da energia, o melhor uso dos combustíveis levou a desenvolver, logo de início, investigação fundamental e aplicada em combustão e a prestar assistência à indústria em todo o domínio dos fornos industriais.

O sector de mecânica dos fluídos (perfeitos), para além do domínio já tradicional das turbomáquinas, desenvolveu aplicações específicas no domínio da hidrodinâmica naval e trabalhos base conducentes ao aproveitamento de energia das ondas.

Os problemas ligados ao ambiente, motivaram a realização de cursos de extensão universitária sobre dispersão de poluentes na atmosfera na sequência de trabalho de investigação no domínio da turbulência e de técnicas computacionais avançadas.

A simulação numérica da camada limite atmosférica tendo em conta o relevo e a cobertura do solo nacional integram-se em actividades em curso com vista a avaliações de impacto ambiental e de ordenamento do território. No mesmo âmbito de preocupações se inserem os trabalhos sobre hidrodinâmica de estuários, com aplicações concretas ao do rio Sado, envolvendo modelização numérica e trabalhos de campo.

Reconhecendo a importância e desejando incentivar ligações com o ensino secundário, o mesmo grupo, em colaboração com professores de biologia assegurou em 1976-77 o ensino das "Ciências do Ambiente" desde a elaboração de programas e textos de apoio ao professor e aluno, à formação dos professores e à elaboração e distribuição de material audio-visual.

Dispondo de meios muito limitados, a demonstração ficou feita de que é possivel tratar ao mais elevado nível e dar contributos imediatamente relevantes para o país, numa gama extensa de temas, aparentemente desconexo, desde que um conjunto restrito, mas estratégico, das ciências básicas seja trabalhado em profundidade com o espírito aberto às aplicações e ao mundo que nos cerca.

A Termodinâmica, no sentido amplo de Termodinâmica dos Processos Irreversíveis foi esse domínio, potenciado na aplicabilidade da formulação matemática tornada possível pelos avanços nos computadores.

Nesta perspectiva, é de referir a realização em Portugal por iniciativa desse núcleo do simpósio sobre "Foundations of Continuum Thermodynamics", numa altura de acesa controvérsia internacional sobre a fundamentação rigorosa da extensão da Termodinâmica Macroscópica aos

meios contínuos em situações afastadas do equilíbrio [11].

O início do estudo matemático, numérico e experimental das Equações de Navier Stokes e o consequente desenvolvimento de modelos de turbulência para utilização no cálculo com e sem reacção química e dos métodos experimentais para sua validação (anemometria de frio quente e anemometria laser) data dos fins da década de 60, em íntima colaboração com o Imperial College da Universidade de Londres (e que entretanto se alargou e cimentou) e foi possível devido a financiamentos internacionais (indústria aeronáutica, de turbinas de gás, defesa, além de Instituições Científicas como a Royal Society de Londres...) a que finalmente chegaram alguns mitigados apoios nacionais.

5 Exigências da década de 80 na perspectiva da integração europeia

A profunda crise estrutural na economia dos países industrializados, que já se fazia sentir nos finais da década de sessenta, foi posta dramaticamente em evidência pelos efeitos na economia mundial da subida nos preços do petróleo em 1973.

A revolução industrial desencadeou apenas a primeira de uma série de profundas mutações sócio culturais cuja sequência e evolução escapam às previsões. Nada garante, também, que os países que mais bem sucedidos foram na primeira ou primeiras fases venham a conseguir manter tal posição nas que se lhe seguem.

A comunidade económica europeia mergulha as suas raízes próximas no esforço de reconstrução do após-guerra e no estímulo do Plano Marshall aos planeamentos em comum. Reforçou-se, seguidamente, com o desenvolvimento e prosperidade que um petróleo barato e a preços reais decrescentes propulsionaram.

Se a prosperidade juntou, as crises na CEE têm-se revelado desencadeadores de "egoísmos" por vezes dificilmente conciliaveis. É neste período que Portugal se candidata a aderir à comunidade. Ao fazê-lo, arrisca-se a encarar tal adesão agarrado às miragens de uma Europa com vinte anos de atrazo, ou a reeditar simplesmente os sonhos da India, do Brasil, da Africa.

Após a consumação do Império, o sebastianismo é uma atitude recorrente, entremeado de arroubos revolucionários e de batalhadores ou precursores de génio. Ciclicamente, a século ou século e meio de intervalo, um surto renovador parece surgir que numa ou duas gerações se afunda na descrença. A estrutura do ensino, o modo como se encara a cultura e a ciência, são reflexo e causa. Uns e outros, reflectem uma fuga às realidades profundas para descambar no verbalismo pseudo-ideológico ou na esterilizante luta de facções pela apropriação de uma riqueza que entretanto se não produziu.Nesta perspectiva, a integração europeia ou é o desejo assumido duma revolução em profundidade, ou é a forma expedita de um sossobrar definitivo mantendo as aparências.

Em Portugal, não se atingiu ainda a fase verdadeiramente industrial. Esta caracteriza-se "pela capacidade de realizar um pensamento próprio, sob a forma de concepção e realização autónomas, ou sob a forma de congregação de equipamento diverso em unidades fabris complexas... Nesta fase, a execução total do equipamento pode nem sequer se verificar. O que existe é a capacidade tecnológica de o fazer ao nível mais elevado e de tal modo que o produto que se vende tem uma enorme incorporação de matéria cinzenta, isto é, de valor acrescentado, que é predominante no valor comercial do produto"[8].

Da época da energia, passamos à da informação [9]. A Termodinâmica, de obscura disciplina física ligada à máquina a vapor, passou a um dos pilares na estrutura conceptual de uma nova economia e de uma nova concepção do universo quando a revolução industrial vem chocar nos limites finitos do planeta.

Mais do que a perspectiva de uma integração europeia, é a perspectiva de uma nova ordem a nível mundial que vem impor-se. Nesta perspectiva, é definitivamente a importância do Homem que se impõe, caracterizando um Povo, muito mais que os recursos naturais no solo ou subsolo do seu País.

Aceitando o desafio, não podia desejar-se melhor perspectiva a nível europeu e mundial do que a década de 80 e as seguintes. Porque será a época em que se talham rumos e se podem decidir futuros que transcedem a nossa própria dimensão.

No domínio específico duma especialidade restrita, como são a engenharia ligada à Termodinâmica e às máquinas motrizes, o IST dispõe de um núcleo de investigadores e docentes capaz de ser germen de uma actividade industrial nova e extremamente relevante no campo da energia e do ambiente.

Desde a concepção, desenvolvimento e aplicação de equipamentos que facilitem a transição no domínio dos combustíveis fósseis, melhorando o seu rendimento e reduzindo a agressão ambiental, às energias renováveis do futuro em que a natureza foi pródiga con-

nosco, existe um mundo de desafios do futuro que somos capazes de enfrentar nas melhores tradições de um passado que é nosso orgulho.

Seria no entanto um erro grave reduzir à pura dimensão tecnológica a participação no futuro. O enquadramento e tradição já criados de aplicar o conhecimento científico fundamental no âmbito da Termodinâmica e da Mecânica dos Fluídos aos problemas do ambiente, da agricultura, das pescas, etc.; o uso dos meios avançados no tratamento da informação (informática e telemática), permite seguramente afirmar que o sucesso só pode assentar numa visão crítica, aprofundada e sólida da posição nacional num contexto global. Trata-se de assimilar críticamente a experiência e conhecimentos colhidos no exterior e de os projectar no futuro numa perspectiva nacional. Não se trata de inovar por inovar mas sim de evitar a cópia do que ainda parece florescente, mas que um exame mais fundo revela estar condenado.

Este exame e esta análise são um dever indeclinável da Universidade. E se é dever indeclinavel da Universidade Técnica preparar os cientístas e os técnicos que impulsionam o progresso material, muito mais importante ainda é formar os Homens que na demonstração indiscutível da sua capacidade profissional revelem o sentido profundo de que a sua ciência e a sua técnica não são mais que uma ferramenta ao serviço do nobre ideal dum progresso humano em que o mais fundamental se não traduz por números nem se exprime em equações.

Olhando a Universidade Técnica presente, olhando o ensino em Portugal, o primeiro e mais decisivo passo é ser realista: não se mudam mentalidades por decreto nem se criam bases sólidas de mudança com os hábitos de trabalho e a irresponsabilidade instituídas. Quebrar o ciclo do autoritarismo iluminado, dos arroubos revolucionários de uma semana e da descrença que se segue como modo de vida, não exige incompatíveis recursos materiais, que serão sempre poucos quando falta o essencial: a vontade de progredir e o desejo de assumir as responsabilidades próprias antes de pedir as alheias.

Ao rever 70 anos de existência, ao orgulhar-se do seu passado, ao ponderar as razões do seu êxito e a origem de alguns fracassos, o IST tem de, serenamente mas em profundidade, decidir sobre os rumos do futuro.

Se o IST vingou contra a Universidade vigente e o pensamento académico dominante, deve-o à afirmação forte de uma identidade ao serviço intransigente dos interesses nacionais, sem concessões à facilidade nem às seduções de fachada. A Universidade Técnica nasceu devido a ele, mas dele continua ainda, passados 50 anos, excessivamente tributária para se impor e progredir.

Em 50 anos, toda a legislação tendeu a uniformiza-lo, sacrificando com demasiada frequência a perfeição formal às particularidades exigentes que estiveram na base da sua afirmação. A chamada lei da gestão democrática, o estatuto da carreira docente universitária, a reestruturação departamental e a transferência crescente de decisões intermédias, mas vitais, para a Reitoria, nem sempre tiveram em conta a especificidade própria do IST, nomeadamente a sua dimensão e as suas tradições mais válidas.

Permitir que, paulatina mas irreversivelmente, a Universidade Técnica transite de uma federação de Escolas para um conglomerado de Departamentos, acabará destruindo o IST e a própria Universidade Técnica. Travar este processo e lutar pela operacionalidade, dinâmica mas responsável, das suas Escolas é uma tarefa prioritária para a qual o IST deve trazer toda a força da sua experiência e toda a autoridade que lhe confere a obra já realizada.

A forma mais digna de comemorar o passado é preparar um futuro que o ultrapasse em afirmação e realizações ao serviço da comunidade.

Referências

[1] Cipola, C. (1973). "The Industrial Revolution", *The Fontana Economic History of Europe*, **3**, Fontana.

[2] Lilley, S. (1973). "Technological Progress and the Industrial Revolution 1700-1914", The *Fontana Economic History of Europe*, **3**, Fontana.

[3] Oliveira Marques, A.H. de (1974). *História de Portugal*. Lisboa.

[4] Arriaga, José de (1886). *História da Revolução Portuguesa de 1820*, Porto.

[5] Bensaúde, Alfredo (1922). *Notas Histórico-Pedagógicas sobre o Instituto Superior Técnico*, Imprensa Nacional, Lisboa

[6] Delgado Domingos, J.J. (Dezembro de 1976). *Centro de Termodinâmica Aplicada e Mecânica dos Fluidos da Universidade Técnica de LIsboa - Breve resenha sobre a sua criação e evolução*, Técnica, n. 437.

[7] Delgado Domingos, J.J. (Dezembro de 1976). *Planeamento da*

Investigação no sector da Engenharia Mecânica em Portugal, Técnica, n. 437.

[8] Delgado Domingos, J.J. (Janeiro de 1969). *Evolução e Tendências da Engenharia (Evolução da Engenharia Mecânica em Portugal)*, Técnica, n. 384.

[9] Delgado Domingos, J.J. (1979). *Energy and Economics, Position Paper in "Energy and Education"*, Council of Europe, Paris.

[10] Delgado Domingos, J.J. (1978). *Inteligência ou Subserviência Nacional*, **1 e 2**, Ed. Afrontamento, Porto.

[11] Delgado Domingos, J.J., Nina, M.N.R., Whitelaw, J.H. (Ed) (1974). *Foundations of Contnumn Thermodynamics*, MacMillan.

Sobre o Autor

J. J. Delgado Domingos é Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Mecânica, Secção de Termodinâmica Aplicada, do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

A Investigação em Física: sumário

José Mariano Gago

RESUMO
Apontam-se resumidamente as principais áreas de investigação e zonas de progresso na Física actual.

Indica-se, com base na produção científica portuguesa referenciada no Science Citation Index, o perfil por sub-especialidades da investigação em Física, em Portugal em 1985 e 1990. Enumeram-se as instituições científicas portuguesas produtoras de artigos de Física e referenciadas pelo SCI em 1990.

Finalmente, anotam-se as principais especialidades em que a Física do IST desenvolve actividade e as instituições científicas portuguesas onde os físicos do IST actualmente se inserem.

ABSTRACT
We point out the main research areas and progress zones in contemporary Physics.

We sketch the profile of portuguese research activity in Physics in the years 1985 and 1990, on the basis of an analysis of portuguese scientific articles included in the Science Citation Index. From that analysis, we also list all portuguese research institutions active in Physics in 1990.

We finally list the main areas of physics at IST and the portuguese research institutions where IST's physicists presently work.

1 Introdução

No curtíssimo espaço deste artigo não posso fazer mais do que tentar resumir o que poderia ser um sumário de grandes áreas de investigação em Física especialmente activas no mundo de hoje. A escolha é pessoal e provavelmente arbitrária. A falta de universalidade nas competências profissionais do autor obrigou ao recurso à opinião de colegas e ao uso de estudos de síntese alheios. Desses, saliento especialmente a análise intitulada "Physics through the 1990s"[1], da responsabilidade do National Research Board dos Estados Unidos da América, resultado de um vasto e sistemático trabalho de avaliação global dos progressos em curso nos vários ramos da Física, acompanhado do estudo das condições de desenvolvimento da Física dos Estados Unidos: carências do ensino, evolução do emprego, análise da cooperação internacional e da produção científica, problemas organizacionais e de financiamento, questões de livre difusão de informação científica.

Os pontos seguintes deste texto destinam-se a: a) resumir os principais progressos e zonas activas de investigação em Física, no mundo; b) localizar resumidamente a Física em Portugal; c) referir a posição do IST e das instituições científicas que lhes estão associadas, no domínio da Física.

A física comunica hoje com todos os ramos da tecnologia e, quer do ponto de vista conceptual quer do ponto de vista experimental e instrumental, está presente em quase todos os outros domínios científicos. Qualquer resumo sumário da sua actividade contemporânea será pois necessariamente, incompleto e parcelar.

2 Áreas de Investigação e Principais Zonas de Progresso[2]

2.1 Física das partículas elementares

O progresso registado na compreensão dos constituintes últimos da matéria e das interacções fundamentais encontra o seu fio condutor principal na actividade experimental junto dos grandes aceleradores de partículas entre os quais se destacam os do CERN na Europa e de FNAL, SLAC e BNL nos Estados Unidos. As sucessivas tentativas de unificação das teorias físicas das várias interacções constituem provavelmente o principal vector e fermento da actividade científica neste domínio. A unificação do electromagnetismo e da teoria das interacções fracas foi confirmada em múltiplas experiências - culminando com a descoberta do W e do Z^0 no CERN, em 1983. A pesquisa concentra-se hoje na unificação da teoria das interacções fortes e electro-fracas (testes do modelo standard) e abre questões como o possível carácter composto dos quarks e dos leptões, ou da origem e explicação das massas das partículas. Os

[1] National Research Council US. Physics Survey Committee. (1986), Physics Through the 1990s: An overview. National Academy Press, Washington, D.C.

Original recebido para publicação em 23 de Setembro de 1991

[2] Adoptou-se basicamente, neste ponto, a classificação do estudo mencionado em 1, e seguiram-se as suas principais conclusões.

problemas de transição de fase em estados densos de matéria hadrónica (plasma de quarks e gluões), de estabilidade de novas formas de matéria, etc. encontram-se cada vez mais na fronteira da física de partículas e da astrofísica, disciplinas entre as quais o diálogo se tem intensamente acentuado nos últimos anos, e também na confluência com a física nuclear.

2.2 Física nuclear

O desenvolvimento da física de partículas, especialmente da compreensão da interacção forte e da descrição da matéria nuclear em termos de quarks e gluões, veio renovar profundamente a problemática clássica em física nuclear. Os principais problemas da física nuclear de hoje situam-se no domínio das forças a muitos-corpos que asseguram a estabilidade dos núcleos, e ainda na análise fina da estrutura em quarks dos nucleões e dos núcleos.

As colisões de iões pesados têm constituido uma fonte importante de informação sobre a matéria nuclear (plasma de quarks, gluões, etc.), bem como o estudo das interacções inelásticas profundas de leptões com núcleos e o da produção e comportamento de hipernúcleos criados em laboratório.

2.3 Física da matéria condensada

A actividade neste domínio concentra-se hoje principalmente no estudo de interfaces e superfícies, de sistemas com fortes flutuações (turbulência, etc.) e com vários graus de desordem.

O nosso conhecimento da estrutura atómica nas superfícies é consideravelmente mais reduzido que o dos espectros de energia dos electrões, medidos por fotoemissão. O progresso experimental nesta área resulta da aplicação de novas técnicas (microscopia de tunneling, microscopia electrónica de superfícies, difusão superficial de raios X usando radiação sincrotão, difusão atómica e iónica, etc.) e das melhorias obtidas no controle por computador e na tecnologia de ultra alto-vácuo.

A tecnologia actual permite controlar o depósito átomo a átomo numa superfície e, desta maneira, preparar materiais artificialmente estruturados com os quais se fabricam dispositivos electrónicos novos (lasers semicondutores, etc.).

O estudo dos electrões confinados a 2 dimensões conduziu à descoberta do efeito de Hall quantificado e à descoberta da quantificação fraccionária da corrente de Hall.

No que diz respeito às transições de fase, desde os anos 70 que a actividade experimental e o desenvolvimento teórico (grupo de renormalização, regras de "scaling") conduziram a métodos rigorosos de cálculo das propriedades dos materiais na proximidade de transições de fase. Estes métodos descrevem rigorosamente as flutuações que ocorrem junto da transição de fase e, por isso, estão na origem do estudo de outros fenómenos que envolvem flutuações fortes (localização, por exemplo).

Outras áreas de grande actividade incluem o estudo de vidros e sistemas desordenados, vidros de spin ("spin-glasses"), sistemas parcialmente ordenados, como os cristais líquidos, etc.

Um sector de enorme expansão é ainda o estudo de novas formas de supracondutividade.

2.4 Física atómica, molecular e óptica

Este sector foi profundamente transformado pela óptica moderna e pelo laser. As áreas de maior interesse actual neste domínio incluem estudos precisos de propriedades do espaço e das simetrias na natureza (isotropia do espaço), estudos em teoria relativista dos muitos-corpos, electrodinâmica dos iões pesados, estrutura e interacções de átomos e moléculas, criação de novas fontes de luz e de técnicas ópticas não lineares, formação de agregados moleculares (fazendo a ponte entre a física do estado gasoso e a física do estado sólido), iões negativos.

2.5 Física dos plasmas

A nossa compreensão das estrelas, dos ventos estelares, das magnetosferas planetárias e das galáxias é alimentada por avanços na física dos plasmas. Um importante sector experimental neste domínio situa-se pois no exterior da Terra: observações em naves espaciais do vento solar, das magnetosferas dos planetas, do plasma galáctico, etc.

Em laboratórios terrestres, a compreensão e domínio de plasmas quentes têm progredido consideravelmente bem como as técnicas de confinamento que possibilitem, no futuro, a fusão termonuclear controlada. Destaca-se, especialmente na Europa, a actividade desenvolvida nos laboratórios do JET, instituição científica da CEE.

A criação de campos eléctricos intensos em plasmas por excitação de uma oscilação electrão-plasma pode vir a fornecer campos eléctricos comparáveis aos que

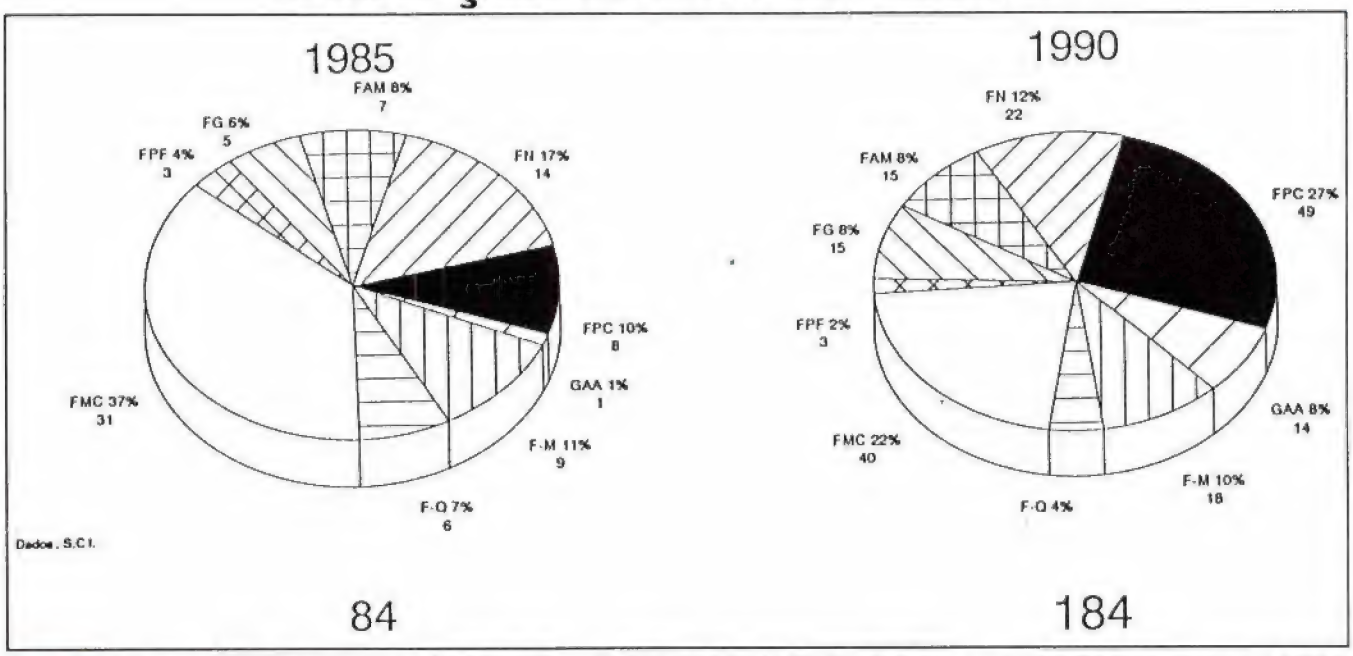

figura 1 **Números de artigos científicos de Física referenciados pelo Science Citation Index com participação portuguesa, em 1985 e 1990, segundo o estudo referido no texto, em (3). Abreviaturas usadas para cada uma das sub-áreas:** FAM - **Física Atómica e Molecular;** FN - **Física Nuclear;** FPC - **Física das Partículas e Campos;** GAA - **Geofísica e Astrofísica;** FM - **Física Matemática;** FQ - **Física Química;** FMC - **Física de Matéria Condensada;** FPF - **Física dos Plasmas e Fusão;** FG - **Física Geral (acústica, Óptica, etc.).**

ligam os electrões nos átomos. Estes progressos estão na origem de novas técnicas de aceleração de partículas de alta energia.

2.6 Cosmologia, gravitação, raios cósmicos

Neste domínio vastíssimo, a fronteira com a física das partículas é cada vez mais estreita. O modelo do "big-bang" permanece central na concepção presente da origem e da evolução do Universo. Os mistérios que dominam o trabalho científico actual incluem a pesquisa da matéria negra no Universo (de que é feita? qual o seu papel na formação de estrelas? quanta é?), a melhor compreensão da quantificação da gravitação (e a tentativa de detecção de ondas gravitacionais), e o estudo da origem e aceleração dos raios cósmicos.

2.7 Interfaces e aplicações

A Física possui hoje interfaces extensas com quase todas as outras áreas da ciência. Os seus conceitos básicos e muitas das suas metodologias experimentais e teóricas são assimiladas por outras ciências com as quais a Física partilha, nalguns casos, o estudo dos problemas científicos mais importantes. É aqui impossível descrever sumariamente este campo de interfaces, que se extende da química e da biofísica à geofísica ou à ciência dos materiais.

A Física é ainda fonte permanente de aplicações tecnológicas e do seu desenvolvimento dependem criticamente muitas áreas da engenharia. Novas tecnologias industriais, novos materiais ou instrumentos dão lugar a novas indústrias e à renovação acelerada das antigas. A investigação fundamental conduziu à microelectrónica e à óptica dos lasers que, por sua vez, revolucionaram processos de fabrico em muitos sectores, da têxtil às artes gráficas ou à indústria automóvel, por exemplo. A Física encontra-se crescentemente na medicina, fornecendo meios de desenvolvimento de novas técnicas de diagnóstico e de tratamento. Também no domínio do desenvolvimento de melhores métodos de produção e de uso eficiente da energia, a Física desempenha hoje um papel decisivo, bem como em diversas áreas de aplicação no sector do Ambiente.

A Física está também na base de progressos em Metrologia e tem encontrado ainda extensíssimas aplicações militares cujo desenvolvimento, aliás suscita, em muitos países um activo debate sobre a responsabilidade social dos cientistas.

3 A Investigação em Física em Portugal

Na ausência de estudos sistemáticos e actualizados sobre esta matéria reporto-me a uma análise recente da **produção** cien-

tífica portuguesa referenciada pelo Science Citation Index em 1985 e 1990, e detalhada pelos autores no que diz respeito à Física. (Trata-se de um trabalho, ainda não publicado, efectuado por um grupo de alunos do 1ºano de Engenharia Física Tecnológica do IST)[3].

Quanto ao número de artigos de Física referenciados com participação de instituições portuguesas, contavam-se 84 artigos, num total de 400 (21%) em todas as disciplinas científicas cobertas pelo SCI, em 1985. Em 1990, esse número subiu para 184, num total de 806 (23%).

A repartição dessa produção por sub-áreas da Física encontra-se ilustrada na Fig.1. Em números absolutos, a produção cresce, de 1985 para 1990, em quase todas as sub-áreas; o peso relativo de cada uma, todavia, modifica-se consideravelmente. Assim, enquanto em 1985 as maiores fracções correspondiam à Física da Matéria Condensada (37%) e à Física Nuclear (17%), seguidas pela Física Matemática (11%), Física de Partículas (10%) e Física Atómica e Molecular (8%) - já, em 1990, a Física das Partículas ocupa o primeiro lugar, com 27%, seguida pela Física da Matéria Condensada (22%), Física Nuclear (12%), Física Matemática (10%), etc.

Em termos institucionais, o trabalho que temos vindo a citar indica que, em 1990, as entidades portuguesas referenciadas pelo SCI com produção em Física eram as seguintes: Aveiro - Departamento de Física da Universidade. Braga - Departamento de Física da Universidade. Coimbra - LIP; Departamento de Física e Centros de Investigação da Universidade. Universidade de Évora. Lisboa: IICT; INESC; INIC (Centros de Investigação); IST; LNETI; Universidade de Lisboa - FCL e Centros de Investigação); LIP. Porto - Universidade e Centros de Investigação.

4 A Física no IST

O Departamento de Física do IST reune a larga maioria dos físicos da Escola. Do ponto de vista das suas actividades de investigação, os físicos do Técnico participam, com colegas de outras entidades, em instituições de investigação especializadas - situação normal para o funcionamento de equipas de investigadores com dimensão suficiente.

As principais áreas de actividade e instituições onde a Física do IST assegura actualmente uma presença significativa são as seguintes:

- **Física das Partículas** - LIP (física experimental) e CFMC-INIC (física teórica)
- **Física Nuclear** - CFNUL-INIC e LNETI-LFEN
- **Física da Matéria Condensada** - CFMC-INIC; Departamento de Física do IST - Grupo de Películas Finas; INESC - Grupo de Física do Estado Sólido
- **Física Matemática** - Departamento de Física do IST - Grupo de Sistemas Dinâmicos
- **Física Atómica e Molecular** - Centro de Física Molecular-INIC; Departamento de Física do IST-Grupo de Propriedades de Transporte
- **Física dos Plasmas e da Fusão** - Centro de Fusão do IST; Centro de Electrodinâmica da UTL (INIC)
- **Astrofísica** - CFMC e CFNUL (INIC)
- **Geofísica** - Departamento de Física do IST - Grupo de Geofísica

Regista-se ainda colaboração significativa no domínio da **Óptica** com o LNETI e no domínio da **Física da Energia** com o Centro de Conservação da Energia, entre outros.

Pode encontrar-se uma descrição detalhada dos projectos de investigação em curso e dos principais resultados obtidos por estes investigadores do IST na publicação "Instituto Superior Técnico. Investigação Científica e Tecnológica, Resumos de Artigos publicados (1990)".

Sobre o Autor

José Mariano Gago é Professor Catedrático do Departamento de Física do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa e Presidente do Laboratório de Intrumentação e Partículas (LIP).

[3] Ana Dias, João Fonseca, Mário Boucinha, Marta Oliveira, (1991), A Ciência em Portugal Hoje, Lisboa.

A repartição por áreas científicas (e dentro da Física, por sub-áreas) dos artigos referenciados foi feita pelos autores deste trabalho por inspecção directa, caso a caso, do respectivo título, laboratórios de origem e de tipo de revista. O método alternativo que consiste em utilizar apenas a classificação das revistas por especialidades para classificar os artigos (se uma revista é registada como de Química, por exemplo, todos os artigos nela publicados serão classificados em Química) parece conduzir a resultados globais semelhantes. É possível, contudo, que classificações diferentes conduzissem a alterações substanciais de afectação dos artigos a cada área ou sub-área.

Química Orgânica Quo Vadis?

Bernardo Jerosch Herold

RESUMO

Dá-se uma ideia geral das principais tendências actuais da investigação em Química Orgânica que se tenta extrapolar para a próxima década com muitas reservas. Com mais reservas ainda se faz um prognóstico sobre como evoluirá a Química Orgânica no Instituto Superior Técnico no mesmo período.

ABSTRACT

A short outline of the main present trends of resarch in Organic Chemistry is given. An extrapolation for the next decades can only be given with many reservations. Even more reserved has to be the prognosis for the development of Organic Chemistry at the Instituto Superior Técnico.

1 Introdução

Ao ser convidado a dar a minha visão do futuro da Química Orgânica no Instituto Superior Técnico, preferi dar sobretudo uma ideia do que a Química Orgânica deveria ser no futuro em qualquer escola universitária que pretenda ter o mais elevado nível possível. A razão dessa opção é eu considerar que assim me mantenho num nível de imprevisibilidade que ainda é aceitável. Em relação à situação particular no Instituto Superior Técnico tenho dúvidas maiores quanto ao futuro. As razões dessas dúvidas são expostas nos últimos parágrafos deste depoimento.

2 Tendências Actuais da Química Orgânica

Presentemente a Química Orgânica* está a progredir em duas grandes áreas de investigação: a síntese orgânica e a química orgânica física. Enquanto a principal meta da primeira é a concepção e realização de reacções químicas conducentes à síntese de compostos de carbono novos e à descoberta de novas reacções para sintetizar compostos que tanto podem ser já conhecidos como novos, a segunda está dirigida para a utilização dos métodos experimentais da química física e dos métodos de cálculo da química teórica para um melhor conhecimento das propriedades das moléculas orgânicas e das suas reacções.

Na síntese orgânica, durante mais de um século, considerou-se como o maior dos desafios a síntese dos compostos orgânicos naturais. Isso tinha a ver com o facto de a prova mais segura da estrutura molecular proposta para um certo produto natural nessa altura ser a síntese. Isso deixou de ser assim desde há algumas décadas, por os desenvolvimentos da técnica de difracção de raios X e de vários tipos de espectroscopia, entre as quais se distinguem as técnicas mais recentes de ressonância magnética nuclear polidimensionais permitirem um estabelecimento muito mais rápido e absolutamente seguro destas estruturas. A síntese orgânica dirige-se hoje muito mais para os compostos com uma elevada actividade, mas que já não são os que ocorrem na natureza. São criações do trabalho laboratorial, embora muitas vezes inspirados em compostos que ocorrem na natureza.

A que actividade dos compostos se estará a referir o parágrafo anterior? A primeira que se apresenta normalmente à imaginação da maioria dos leitores é a actividade farmacêutica, ou pelo menos fisiológica para incluir os que não têm acção curativa. No entanto há que considerar todos os outros aspectos sob os quais um novo composto pode ter interesse. Desde o interesse teórico de estudar sistematicamente a relação entre a estrutura molecular e as propriedades físicas e químicas do respectivo composto que pode motivar uma nova síntese, até à estrutura molecular da qual se espera um composto com propriedades que torne útil a sua aplicação para um fim prático há uma gama enorme de razões que podem levar a se empreender uma nova síntese. Já são conhecidos vários milhões de compostos orgânicos obtidos por síntese e o seu número está constantemente a crescer. Mais de metade das publicações de química que estão a ser impressas continuamente dizem respeito a novos compostos ou a novas reacções envolvendo moléculas carbogénicas. Em 1989 "Chemical Abstracts" publicou resumos de artigos sobre química a uma média de um em cada 2 minutos e 4 segundos.

Existem trabalhos recentes sobre as tendências actuais da síntese orgânica. Um deles [1], aliás excelente, começa por uma

* Química dos compostos de carbono ("carbogénicos", numa designação mais recente, ainda pouco vulgarizada)

Original recebido para publicação em 20 de Setembro de 1991

justificação do autor em que explica por que razões considera impossível um prognóstico da evolução futura da síntese orgânica e a necessidade de, ao enumerar as tendências actuais, fazer uma selecção arbitrária daquilo que lhe parecia importante quanto à sua eventual projecção no futuro. Depois de enumerar todas essas limitações apresenta um artigo de 47 páginas A4 impressas em letra pequena com 568 referências, dizendo muitas dessas referências respeito a mais de uma dezena de publicações. Concordo com o autor que o retrato mesmo assim está incompleto. Muitos investigadores particularmente especializados numa determinada área vão considerar com razão que há aspectos importantes que não foram focados. Seria despropositado tentar repetir, melhorar ou mesmo resumir para os leitores da "Técnica" o que aí ou em trabalhos similares se encontra relatado.

No entanto, parece adequado mencionar que, além da meta clássica para a síntese de uma molécula com uma determinada estrutura, se procura hoje também construir superestruturas [2,3] em que participam várias moléculas, a chamada química "supramolecular". Esta inclui como casos particulares os complexos e os clatratos (Química Hospedeiro-Hóspede, criptatos, etc.). As estruturas supramoleculares têm, por exemplo, a capacidade de receber luz e utilizar a energia absorvida para a separação de cargas, cargas essas capazes de iniciar reacções químicas, como acontece na natureza com a fotossíntese. Há estruturas supramoleculares capazes de transmitir ao longo das suas cadeias atómicas sinais eléctricos sob a forma de transferência de electrões ou permuta ou transporte de iões (sistemas electroactivos ou ionoactivos). Fala-se mesmo em condutores eléctricos ("fios") moleculares para o transporte de electrões através de membranas e já se usa até o termo "electrónica molecular". A síntese ao serviço da criação deste tipo de estruturas supramoleculares pode conduzir a modelos para as superestruturas biomoleculares responsáveis pela condução de impulsos nervosos. As superestruturas moleculares com capacidade de autoorganização e replicação são um estímulo fascinante à imaginação quanto às suas possíveis aplicações que imitam os fenómenos de replicação genética nas células e vírus.

A influência da bioquímica sobre a síntese orgânica não se limita à inspiração das moléculas-alvo que se pretendem atingir. Os processos biocatalíticos servem de inspiração a novos processos catalíticos e os termos da bioquímica como por exemplo enzimas, receptores e seus inibidores, proteínas de transporte e de canais e ribossomas começam a surgir na química orgânica de síntese por duas vias: uma de se tentarem reproduzir por via sintética os centros activos desses biocatalisadores enquanto a outra via é de se tentar utilizar os mecanismos da biocatálise ao serviço da síntese orgânica. Aí aparece outra vez uma dicotomia: ou se usam directamente os biocatalisadores para certos passos sintéticos ou se procuram sintetizar novos catalisadores artificiais cuja concepção se inspira nos biocatalisadores, aproveitando os novos conhecimentos sobre os mecanismos das biocatálises, para conseguir efeitos análogos ou mesmo bastante alterados com novos sistemas.

Já se mencionou que a metodologia na síntese orgânica foi muito enriquecida nas últimas décadas com os novos métodos de separação, de análise estrutural, a utilização de computadores para vários fins e o desenvolvimento dos métodos de cálculo da química teórica. Estes desenvolvimentos permitem ao Químico Orgânico que comanda uma equipa multidisciplinar bem organizada de atingir metas muito mais ambiciosas que no passado. Nos métodos de separação é a cromatografia que teve o maior impacto, uma vez que permite a separação expedita de misturas muito complexas. Já se mencionaram os métodos de ressonância magnética nuclear pulsada por transformada de Fourier incluindo técnicas bi- e tridimensionais baseadas em sequências rebuscadas de pulsos de radiofrequência. A determinação de estruturas por difractometria de raios X permite uma determinação segura das estruturas moleculares e supramoleculares de compostos obtidos por síntese.

O que há a mencionar acerca da Síntese Orgânica não termina aqui mas parece adequado incluir neste momento um parêntesis sobre a Química Orgânica Física: Nos meados da década de sessenta a investigação da teoria e mecanismos da química orgânica atingiu uma pujança extraordinária, particularmente nos Estados Unidos da América, sendo considerada por muitos o domínio mais na vanguarda da Química Orgânica. Nessa altura uma decisão de política científica que colocou nas mãos do National Institute of Health avultados meios fez com que nos Estados Unidos a investigação relacionada com tudo o que dizia respeito à saúde humana fosse largamente privilegiada. Isso teve como consequência que os aspectos mais fundamentais da Química Orgânica passassem para segundo lugar nas preocupações dos investigadores que, num sistema de financiamento muito competitivo, lutam pela obtenção de fundos. Como resultado disso a

investigação nesse domínio não se expandiu tanto ao longo dos últimos 25 anos como teria sido de esperar.

No entanto os progressos da síntese orgânica no último quartel devem-se pelo menos tanto aos desenvolvimentos da Química Orgânica Física, enquanto investigação fundamental, como aos já citados desenvolvimentos espectaculares no domínio dos métodos de análise estrutural. Tanto os conhecimentos sobre Mecanismos e Teoria da Química Orgânica contidos no corpo de conhecimentos constituído pelas principais investigações até ao fim da década de 60 [4], como as muitas centenas de trabalhos sobre mecanismos reaccionais orgânicos que anualmente se publicam desde então [5] são parte importante dos planos de estudo dos melhores cursos de química em todo o Mundo. A concepção de novas técnicas de síntese, sejam novas reacções ou melhores condições para efectuar com bons rendimentos reacções já conhecidas, baseiam-se na capacidade de previsão teórica do comportamento duma reacção (em particular a reactividade de cada reagente) quando se alteram as variáveis que lhe dizem respeito: como é que são, por exemplo, influenciadas pela temperatura e pressão, a natureza do solvente e de catalisadores, bem como por factores estruturais. Toda a sistematização moderna das reacções da Química Orgânica assenta no conhecimento dos Mecanismos Reaccionais. Os métodos espectroscópicos de análise estrutural e mais recentemente os de difractometria de raios X permitem obter informações pormenorizadas sobre a estrutura molecular que também contribuiram para fazer avançar mais rapidamente a Química Orgânica Física. Certos métodos espectroscópicos permitem mesmo a detecção e análise estrutural de intermediários de vida curta durante a reacção (radicais livres por ressonância paramagnética electrónica e uma grande variedade de intermediários muito reactivos por espectroscopia de absorção e de fluorescência no ultra-violeta e visível, etc.) em processos térmicos, fotoquímicos e sob a acção de radiações ionizantes. A fotoquímica e a química sob radiação de compostos orgânicos transformaram-se nestes últimos 25 anos em ciências autónomas, embora com extensas fronteiras com a Química Orgânica. Ao mencioná-las neste contexto não se pretende deixar de reconhecer a sua independência. Sobretudo a investigação dos processos fotoquímicos primários e dos efeitos de outras radiações que ocorrem em intervalos de tempo mais curtos que os nanossegundos tornou-se uma área extremamente especializada. Os métodos de espectroscopia resolvida no tempo (fotólise pulsada, radiólise pulsada) já vão nos picossegundos e femtossegundos devido ao desenvolvimento do laser e exigem uma formação muito mais predominantemente de Química Física ou mesmo Física de que o Químico Orgânico dispõe normalmente, mesmo que seja classificado como "Químico Orgânico Físico". Vem a talhe de foice mencionar aqui que há vários outros domínios científicos que convencionalmente eram considerados no passado como pertencentes à Química Orgânica e se autonomizaram. Embora o primeiro prémio Nobel (1953) dado a um dos fundadores da Química dos Altos Polímeros tenha sido dado a um químico que era classificado com Químico Orgânico: Staudinger, ela logo à nascença se encontrava na encruzilhada da Química Orgânica, da Química Física e da Ciência dos Materiais. À medida que a "era dos plásticos" avançava, rapidamente se autonomizou. Isso não impede que os livros de texto de Química Orgânica continuem a conter normalmente pelo menos um capítulo de Química dos Altos Polímeros Orgânicos. Considerações semelhantes se podiam fazer acerca da Bioquímica Orgânica. Nesta exposição optou-se por não considerar estes domínios como parte da Química Orgânica uma vez que se pretende dar uma perspectiva da evolução baseada nos progressos da investigação científica o que às vezes pouco tem a ver com a organização pedagógica dos assuntos mais adaptada à situação presente duma determinada Universidade, em que a preocupação pode muito bem ser a de uma preparação científica bastante geral que melhor serve de base a um determinado perfil profissional.

Mas deixemos estas divagações, consideremos concluídas as observações sobre a Química Orgânica Física e voltemos à Síntese Orgânica.

Um dos assuntos necessários ao desenvolvimento da Síntese Orgânica é a concepção de novos reagentes utilizáveis em passos de sínteses. A meta que se pretende atingir é o máximo de reactividade e de especificidade. Este acto de concepção é talvez aquele em que o Químico Orgânico de Síntese mais se socorre dos seus conhecimentos de Mecanismos Reaccionais e em que pode ganhar em recorrer a um Químico Físico Orgânico ou um Químico Teórico.

Um outro domínio fronteira de que tem beneficiado a Síntese Orgânica é um em que colaboram (ou se disputam) também duas "famílias" de químicos: A Química Organometálica que está na fronteira da Química Orgânica e da Química Inorgânica. Especialmente os compostos orgânicos de metais de transição são considerados como os mais promissores para a des-

coberta de novas reacções de interesse sintético.

Falta mencionar também uma meta científica muito importante da Síntese Orgânica: a síntese de substâncias enantiomericamente puras. As principais biomoléculas e muitos dos compostos sintéticos com actividade fisiológica, seja curativa, seja tóxica são constituídas por moléculas quirais, isto é, não idênticas à sua imagem num espelho. Uma autêntica avalanche de publicações sobre Síntese Orgânica está-se a preocupar com a síntese enantiosselectiva e enantiospecífica. Tal como os metaloenzimas desempenham um papel preponderante na biossíntese enantiosselectiva os compostos organometálicos de síntese estão a ter um papel rapidamente crescente nesta área.

O planeamento de sínteses orgânicas pode hoje apoiar-se numa lógica própria baseada na chamada análise retrossintética [6,7] que de tal forma foi aperfeiçoada que pode usar computadores para resolver problemas relacionados com a concepção dos caminhos sintéticos.

Chegado a este ponto convém pausar. Ao reler o que acabo de escrever encontro omissões importantes em toda a parte, mas se não me quiser alongar demasiadamente tenho de concluir neste ponto a exposição e tentar reflectir sobre o que será o futuro do Instituto Superior Técnico como fonte de criação de ciência até ao fim deste milénio, baseado naquilo que a investigação em Química Orgânica tem sido neste Instituto nos mesmos 25 anos passados, a que se refere aliás toda a retrospectiva deste artigo.

3 Qual Será o Futuro da Química Orgânica no Instituto Superior Técnico?

A situação em meados da década de sessenta caracterizava-se pela existência dum curso de engenharia "químico-industrial" de seis anos com uma componente de química mais forte que a dos outros cursos de engenharia química professados na Grã-Bretanha e nos Estados Unidos (em relação ao Continente Europeu as comparações não eram tão simples de fazer).

Neste contexto não cabia no perfil profissional pretendido a capacidade de conceber e investigar novas sequências sintéticas, mas antes a de, em colaboração com químicos, fazer funcionar reacções já conhecidas em condições tais que se obtivesse o mais elevado rendimento industrial possível, se suprimissem reacções secundárias indesejáveis, lixos e efluentes difíceis de tratar, etc. Para este fim os estudos de mecanismos e reactividade são bem mais úteis do que o saber investigar novos métodos de síntese. Esta última tarefa de criação científica caberia inteiramente ao investigador em química e não ao engenheiro químico.

Por essa razão se optou nessa altura por desenvolver no Instituto Superior Técnico mais a vertente de Química Orgânica Física do que a de Síntese Orgânica. Isso tanto se verificou no ensino como nos temas de investigação dos docentes envolvidos nesse ensino. Presentemente, com a existência dum ramo de "Química Aplicada", na nossa Licenciatura em Engenharia Química, e a discussão existente sobre a criação duma Licenciatura em Química, é natural e desejável que se queiram desenvolver mais os aspectos relacionados com Síntese Orgânica. No entanto, dada a concorrência muito forte nesse domínio vai ser mais custoso marcar uma presença significativa no contexto internacional neste domínio do que foi o caso na Química Orgânica Física.

Dada a elevada concorrência na investigação em Síntese Orgânica, seria necessário criar uma equipa multidisciplinar numerosa muito coesa e bem equipada. Se olharmos para os agrupamentos mais importantes nas Universidades dos países europeus fortemente industrializados vemos equipas com dezenas de doutorandos e pessoal investigador e técnico sob a direcção científica e administrativa dum chefe de equipa, normalmente detentor duma cátedra (ao que está automaticamente associado, pelo menos na Suiça, Alemanha e Holanda a direcção dum instituto autónomo de química orgânica). Se deixarmos de lado os aspectos relacionados com a abundância de instalações, equipamentos e verbas (o que talvez venha a melhorar em Portugal), notamos duas diferenças fundamentais em relação à situação nas Universidades Portuguesas: Existem na zona de influência das Universidades empresas com quadros de investigadores em síntese orgânica que absorvem anualmente muitas dezenas de doutorados nesse domínio*. Em Portugal estimo que a indústria e os laboratórios do Estado juntos não cheguem a absorver em média um doutorado por ano em síntese orgânica nos seus quadros de investigadores. Restam as Universidades como empregadoras nesta área, mas a expansão dos seus quadros neste domínio já atingiu um patamar no que respeita às necessidades em docentes de química orgânica. O outro aspecto

* A título de exemplo pode-se mencionar que o mercado de trabalho no território da República Federal da Alemanha, antes da unificação, absorvia 1200 doutorados em química por ano.

é o da existência dum modelo de gestão das Universidades que favorece muito mais a concentração dos investigadores em equipas que em Portugal: Cá o modo de progressão na carreira docente universitária, e o modelo de gestão universitária compensa muito mais o docente universitário que após o doutoramento se autonomize como investigador do que aquele que se integre numa equipa. Embora nesses países a progressão na carreira académica também seja acompanhada evidentemente duma progressiva autonomização, existem alternativas de (através da investigação em equipa, seja na Universidade, nos Institutos de Investigação ou nas empresas) ascender a uma situação profissional convidativa. É essa falta de alternativas que empurra os doutorados para a carreira docente e torna a competição ("publish or perish") nessa carreira de tal forma intensa que já deixa de ser salutar.

Não vejo que esta situação em Portugal possa melhorar tão rapidamente que no ano 2000 a situação no Instituto Superior Técnico seja muito melhor nesse aspecto do que agora. No entanto acho que não se deve desanimar e se deve tentar desenvolver dentro das possibilidades o ensino e a investigação em Química Orgânica em ambas as vertentes citadas de forma a dignificar a Escola e o País.

O ingresso nas Comunidades Europeias, embora nos tenha aberto as portas a programas comunitários para o financiamento da investigação em que podemos colaborar com entidades de outros países da Comunidade, não resolve certos problemas: Um é o da organização interna das nossas Universidades, o outro é a escassez da actividade de investigação e desenvolvimento nas empresas industriais no ramo da síntese orgânica.

É preciso não esquecer que as Universidades são suportadas pelo Estado fundamentalmente para fornecer graduados ao mercado de trabalho. A investigação nas Universidades deve por isso estar sempre associada à formação de investigadores através do doutoramento. Se não houver postos de trabalho compatíveis com essa formação, a investigação universitária acaba por esticlar. Confesso que não tenho elementos suficientes para fazer um prognóstico seguro, até porque o fenómeno é possivelmente na realidade bastante mais complexo que a visão simplificada que estou a dar. Será que a indústria química voltará a ocupar um lugar de relevo dentro da indústria portuguesa comparável ao que já deteve? Infelizmente a adaptação às novas condições dos novos mercados fez muitas vítimas nas empresas do ramo químico e farmacêutico. Embora se verifiquem nalguns casos desenvolvimentos francamente positivos, não me aventuro a fazer nenhuma previsão sobre a futura evolução das actividades de investigação e desenvolvimento em Química Orgânica nas nossas empresas. Embora se avizinhe um mercado europeu de trabalho com liberalização total das migrações, as barreiras linguísticas e culturais vão continuar a existir e é difícil de prever o grau de mobilidade efectiva do futuro investigador em química orgânica. A evolução de todas estas condicionantes é difícil de prever e a sua reflexão num fenómeno tão sectorial como a investigação em química orgânica no I.S.T., então, ainda mais o será.

Referências

Neste artigo não houve a preocupação de citar os autores com a prioridade científica sobre os progressos citados. Pretende-se agora indicar algumas obras que podem constituir uma leitura suplementar para quem queira encontrar uma exemplificação mais pormenorizada.

[1] Seebach, Dieter (1990). Organic Synthesis - Where Now?, *Angew. Chem. Int. Ed. Eng.*, **29**, 1320-1367.

[2] Lehn, Jean-Marie (1990). Perspectives in Supramolecular Chemistry - From Molecular Recognition towards Molecular Information Processing and Self-Organization, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, **29**, 1304-1319.

[3] Lehn, Jean-Marie (1988). Supramolecular Chemistry - Scope and Perspectives - Molecules, Supermolecules and Molecular Devices (Nobel Lecture), *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, **27**, 89-112.

[4] Lowry, T.H., Richardson, K.S. (1987). *Mechanism and Theory in Organic Chemistry*, 3d ed., Harper & Row, Publishers, New York.

[5] *Organic Reaction Mechanisms 1965-1988 (26 Yearbooks)* Interscience, J. Wiley & Sons, New York.

[6] Corey, E. J., Cheng, Xue-Min (1989). *The Logic of Chemical Synthesis*, J. Wiley & Sons, New York.

[7] Hendrickson, J.B. (1990). Organic Synthesis in the Age of Computers, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, **29**, 1286-1295.

Sobre o Autor

Bernardo Jerosch Herold é Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Química, Secção de Química Orgânica, do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

AQUI PODERIA ESTAR UM ANÚNCIO SEU

técnica.
Revista de Engenharia ■ Publicação da Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico

Fronteiras da Engenharia de Materiais

Ricardo Bayão Horta

RESUMO

A selecção, fabrico e processamento de materiais com a forma e propriedades adequadas à sua utilização estrutural ou funcional, tiveram sempre uma influência determinante na vida individual e colectiva do Homem.

A Engenharia de Materiais procura ultrapassar estrangulamentos ou liderar avanços decisivos para o desenvolvimento qualitativo da sociedade em que vivemos.

Neste pequeno artigo, faz-se uma breve análise das tendências actuais da evolução científica e tecnológica da Engenharia de Materiais, apontando-se as áreas e os problemas que se espera venham a ter importância crucial no desenvolvimento dos próximos anos.

Introduz-se a importância do ciclo integral da vida dos materiais como conceito chave para abordagem do seu impacto ambiental.

ABSTRACT

The selection, manufacturing and processing of materials in the shape and with the properties necessary for its use as structural or functional components were always crucial for the individual and colective life of Mankind.

The Engineering of Materials tries to solve the botlenecks or to lead the improvements, which are decisive to the qualitative and quantitative development of society.

In this article, a brief analysis of the actual trends of the scientific and technological development of the Engineering of Materials is carried out, with the identification of the probable areas of critical importance in the next decade.

The importance of the concept of the integral life cycle of the material is introduced to approach its environment impact.

1 Introdução

Os materiais constituem o suporte físico indispensável a todos os objectos e sistemas que utilizamos na nossa vida quotidiana.

A capacidade para seleccionar, fabricar, e utilizar materiais tem estado sempre no caminho crítico das respostas a muitos desafios de natureza quantitativa e qualitativa de grande importância na nossa vida individual ou colectiva.

Na base da eficácia global destas respostas estão a Ciência e a Engenharia de Materiais.

A Ciência de Materiais desenvolve o estudo das estruturas dos materiais e o seu relacionamento com as propriedades, delas decorrentes. A Engenharia de Materiais ocupa-se, por um lado, do relacionamento entre as propriedades dos materiais e o seu comportamento em serviço, e, por outro, da interligação deste comportamento com as tecnologias de fabrico consideradas no âmbito alargado, abrangendo portanto os aspectos de natureza económica, energética e ambiental inerentes ao ciclo completo de produção, utilização e pós-utilização dos materiais.

A Engenharia de Materiais parte portanto da abordagem científica que a Ciência dos Materiais faz da estrutura e propriedades dos materiais e confere-lhe dimensão económica e social.

É assim natural que os avanços em Ciência dos Materiais sejam, umas vezes antecedentes e outras consequentes, aos desenvolvimentos das tecnologias de fabrico e utilização dos materiais, sendo certo que os avanços em Engenharia de Materiais implicam necessariamente uma progressão harmoniosa nas diversas vertentes.

Seja a liderança, predominantemente científica ou tecnológica, gera-se uma força motriz de desenvolvimento na vasta área dos materiais que, pelo seu impacto económico e social confere à Engenharia de Materiais uma importância relevante nas aspirações da sociedade moderna.

Duas características me parecem de realçar neste desenvolvimento:

- uma sólida abordagem científica comum ao estudo de todos os materiais, esbatendo as barreiras tradicionais entre eles e tendendo para um espectro quase contínuo de estruturas e propriedades, acompanhada de uma melhoria sucessiva dos parâmetros limite das

Original recebido para publicação em 24 de Junho de 1991

performances dos materiais e das tecnologias de fabrico;
- o desenvolvimento do conceito de ciclo integral da vida dos materiais incluindo todas as fases de fabrico, utilização e pós-utilização nas suas diversas vertentes de interacção com a sociedade.

Algumas considerações sobre cada uma destas características permite detectar as actuais fronteiras da Engenharia de Materiais e perspectivar de uma forma sistemática as evoluções prováveis para os próximos anos.

Esta análise não tem pretensões, aliás irrealistas, de ser exaustiva, antes pretende ser selectiva de acordo com o critério pessoal do autor decorrente da sua experiência profissional quer em Ciência quer em Engenharia de Materiais.

2 Espectro contínuo de estruturas/propriedades e os limites tecnológicos

A classificação tradicional dos materiais em metais, cerâmicos e polímeros associando-lhes atributos estruturais e comportamentais específicos:

- os metais são cristalinos e condutores
- os cerâmicos são cristalinos inorgânicos não metálicos e frágeis
- os polímeros são não cristalinos e isolantes

perdeu hoje real significado.

Para além dos metais, cerâmicos e polímeros dispõe-se hoje de uma grande variedade de outros materiais cujas estruturas e propriedades são já também susceptíveis de tratamento científico unificado; os materiais compósitos e os semicondutores são os exemplos de maior impacto na Engenharia de Materiais mas também borrachas, vidros, cimentos, madeiras, cortiça, papéis, etc. podem hoje responder a um número crescente de solicitações.

Igualmente a capacidade de desenvolver em diversos materiais estruturas completamente diferentes das suas tradicionais conduz ao alargamento da gama das suas propriedades e campos de aplicação como são exemplos importantes os vidros metálicos, os polímeros condutores, os cristais líquidos e os cerâmicos não frágeis. Assim, a multiplicação das soluções possíveis para um qualquer problema de Engenharia de Materiais intensifica a competição, não só entre materiais, levando-os a uma aproximação rápida dos seus limites absolutos, mas também entre as diversas tecnologias de fabrico, que são muitas vezes o factor controlador da cinética do progresso, pois a obtenção de um exemplar de material com uma dada estrutura no laboratório é substancialmente diferente da sua reprodução numa peça com tamanho e forma úteis.

Nos próximos anos, dos muitos desenvolvimentos relevantes para a Engenharia de Materiais, penso que se irão destacar os avanços nas seguintes áreas:

- Compósitos de matrizes cerâmica e metálica.
- Cerâmicos estruturais.
- Semicondutores. Optoelectrónica. Miniaturização dos sistemas.
- Supercondutividade.
- Vidros metálicos. Arrefecimento super-rápido, superplasticidade e pulverotecnologia.

Compósitos são materiais heterogéneos formados por uma matriz de um material com reforço de fibras ou dispersões de outro, com o objectivo de combinar as vantagens de cada um dos componentes. Compósitos de matriz polimérica são já largamente utilizados, mas o desenvolvimento das matrizes metálicas e cerâmicas permitem obter uma gama de materiais com rigidez e resistência específicas e resistência à fadiga capazes de ultrapassar alguns estrangulamentos actuais, especialmente nas aplicações aeroespaciais.

A retenção destas elevadas propriedades mecânicas a temperaturas cada vez mais altas é um campo em que os materiais cerâmicos estruturais e os compósitos de matriz cerâmica oferecem grandes potencialidades.

Nitreto e carboneto de silício ou mesmo óxido de zircónio com estrutura cúbica estabilizada devem vir a permitir fabricar elementos estruturais de motores suportando temperaturas da ordem de 1500°C; compósitos com matrizes cerâmicas desta natureza vão ainda incrementar a capacidade de resistência ao choque térmico, tenacidade, resistência à fadiga e desgaste a altas temperaturas permitindo generalizar a utilização de materiais cerâmicos estruturais. Contudo, a maior dificuldade para tal se conseguir é o desenvolvimento de tecnologias de fabrico capazes de produzir peças com consistência qualitativa e fiabilidade em serviço, pelo que se esperam nesta área os avanços mais decisivos para concretizar as potencialidades referidas.

Vivemos sem dúvida a era da informação, do seu tratamento e transmissão.

A capacidade de processamento dos computadores depende fortemente da velocidade de comutação dos seus transitores e esta varia na razão inversa da sua dimensão; há cerca de 30 anos, o aparecimento dos cir-

cuitos integrados desencadeou um processo de miniaturização que vai ter avanços espectaculares nos próximos anos com o desenvolvimento dos circuitos integrados quânticos, permitindo geometrias inferiores a 0.3 micra que se aproxima da escala inimaginável do agregado de átomos. Nestas dimensões, efeitos de superfície, interfaces ou fronteiras entre materiais interferem com o comportamento dos electrões e consequentemente com a performance funcional. Novamente, as tecnologias de fabrico capazes de conduzir a produções com fiabilidade quase absoluta destes materiais se apresentam no caminho crítico do progresso.

O exponencial aumento da informação processada implica também a sua transmissão o que, ao pôr em relevo as insuficiências da utilização dos sinais eléctricos para tal objectivo, desencadeou o processo da sua substituição pelos sinais ópticos, de forma que os avanços, predominantemente nos semicondutores e nas fibras ópticas, indispensáveis para permitir o desenvolvimento da optoelectrónica vão ser certamente muito significativos.

Embora a detecção do fenómeno da supercondutividade - condução eléctrica com resistência zero - date de há mais de 50 anos, só recentemente se atingiu um nível mínimo de compreensão do seu mecanismo e das estruturas dos materiais que legitima admitir um significativo impacto a nível da Engenharia de Materiais nas próximas décadas.

Naturalmente que o desafio crucial será a obtenção de estruturas supercondutoras com temperaturas críticas da ordem da temperatura ambiente permitindo evitar as utilizações em ambiente criogénico, problema em que os supercondutores cerâmicos parecem oferecer as melhores perspectivas; o processamento dos super condutores com o tamanho e forma úteis será o problema seguinte e finalmente todas as implicações funcionais eléctricas e magnéticas decorrentes. Penso ser talvez o problema mais difícil na perspectiva da Engenharia de Materiais mas também o de resolução mais gratificante em todos os aspectos.

As tecnologias tradicionais permitem solidificar metais e ligas metálicas com velocidades de arrefecimento da ordem das centenas de °C/seg produzindo estruturas grosseiras e heterogéneas.

Avanços tecnológicos para velocidades da ordem do 104 °C/seg permitem obter microestruturas refinadas e acima de 106 °C/seg obtêm-se soluções sólidas extensas, precipitados extra finos, estruturas microdendríticas ou mesmo metais ou ligas não cristalinos, através da retenção da sua estrutura líquida, formando uma nova gama de materiais - os metais amorfos ou vidros metálicos. Estas novas estruturas metálicas "contranatura", possuem grão extremamente fino, grande homogeneidade, isotropia, reagem às solicitações mecânicas através de mecanismos diferenciados quer dos metais quer dos vidros, óptima resistência à corrosão e permitem perspectivar soluções novas nomeadamente em utilizações estruturais e em aplicações magnéticas.

Para tal são necessários fortes avanços tecnológicos, não só na operação de solidificação através da selecção dos ainda muito numerosos processos conhecidos, mas também no processamento posterior do material para lhe conferir forma e tamanho úteis, visto que na solidificação o material é geralmente obtido em pó ou filamento.

A pulverotecnologia e a deformação superplástica, esta tornada possível pela extrema finura do grão, são, neste aspecto, as vias de maior potencial.

3 Engenharia de Materiais e Sociedade

O aprofundamento da consciência colectiva face aos problemas energéticos e ambientais tem levado a uma crescente importância destes aspectos em todas as opções referentes à selecção, produção, utilização e tratamento pós-utilização dos materiais, isto é, englobando o ciclo integral da vida dos materiais.

Este facto obriga a rever nesta perspectiva muitas soluções de selecção de materiais e tecnologias e lança novos desafios em todas as vertentes da Engenharia de Materiais sem excluir a revisão de alguns princípios até agora considerados indiscutíveis.

No referente aos aspectos quantitativos e qualitativos inerentes ao problema energético, as principais tendências que se irão acentuar nos próximos anos e que pedirão avanços mais significativos na Engenharia de Materiais serão:

- Avanço das vias de produção pulverotecnológica e biotecnológica em substituição da pirotecnológica (igualmente válido para o impacto ambiental)
- Forte tendência para materiais de elevadas propriedades mecânicas específicas sustentadas a altas temperaturas (referidas em 2.)
- Substituição de materiais com tecnologias de produção com forte intensidade energética.

No referente ao impacto ambiental, os desafios concentrar-se-ão no desenvolvimento de materiais que originem detritos elimináveis ou cuja eliminação não seja penalizante para o ambiente e, naturalmente, de tecnologias de fabrico com impacto ambiental minimizado.

Principalmente nos materiais de consumo, com destaque para as embalagens, ou nas utilizações de média duração, com destaque para os materiais intervenientes nos automóveis, estes problemas assumem dimensões muito importantes.

Neste contexto, são naturalmente os polímeros e depois os cerâmicos, ambos com os seus compósitos, que terão mais desafios a enfrentar, nomeadamente:

- Desenvolvimento de tecnologias de separação, eliminação ou reciclagem de polímeros e compósitos de matriz polimérica;
- Desenvolvimento de materiais de embalagem compatibilizando a capacidade funcional com a facilidade de eliminação pós-utilização.

Nesta área, a madeira, os papéis e os cartões, por si só ou combinados, têm possibilidades acrescidas desde que se consiga melhorar o nível tradicional das suas propriedades.

Tomando como pano de fundo um enquadramento de progresso multidisciplinar e multisectorial acelerado que caracteriza em geral a sociedade moderna, a Engenharia de Materiais beneficiará naturalmente, nos próximos anos, dos avanços em todas as outras áreas e contribuirá decisivamente, tal como em épocas anteriores, para tornar possíveis algumas das legítimas aspirações de progresso económico e social da Humanidade.

Sobre o Autor

Ricardo Bayão Horta é Professor Catedrático do Departamento de Metalurgia e Materiais do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

O IST e a Participação Portuguesa no Programa Europeu de Fusão Nuclear

J. T. Mendonça

RESUMO
Descrevemos resumidamente o estado actual do Programa Europeu de Fusão Nuclear, assim como a participação portuguesa neste Programa.

ABSTRACT
We give here a short account of the status of the European Fusion Programme and of the Portuguese contributions to this Program.

Para uma Humanidade em crescente expansão demográfica (4 biliões de pessoas em 1975, o dobro em 2030), obrigada a partilhar um pequeno Planeta, a existência de formas de produção de energia capazes de satisfazer as necessidades a médio e a longo termo é essencial. Além disso, a necessidade de preservar o Ambiente, ou de não o destruir em demasia, obriga a que essas fontes de energia sejam também relativamente limpas ou pouco poluentes.

Neste contexto, a energia de fusão nuclear aparece como uma forma credível a médio prazo. Bem conhecida pelas suas aplicações militares desde a explosão da primeira bomba H, ela resulta da fusão de núcleos leves, como o Deutério ou o Trítio, dois isótopos do Hidrogénio. É da fusão nuclear que o Sol e as estrelas extraem o essencial da sua energia e o combustível necessário para um reactor de fusão (Deutério e Lítio) encontra-se na água do mar em quantidades quase inesgotáveis. Por outro lado, o esquema de princípio de um reactor de fusão oferece significativas vantagens em relação aos actuais reactores de fissão nuclear, no que diz respeito à segurança. Por isso, desde os anos 50 que, primeiro os Estados Unidos, URSS e Inglaterra, e depois num número crescente de países, se começaram a desenvolver estudos orientados para o projecto de um reactor de fusão.

É muito provável que esse reactor seja baseado na configuração magnética tokamak, que foi inicialmente proposta por Sakharov e Tamm, na União Soviética, e que foi adoptada um pouco por todo o Mundo desde os finais dos anos 60. Mesmo em Portugal já existe um pequeno aparelho deste tipo, que começou a ser instalado em 1990 no Instituto Superior Técnico, em Lisboa, no âmbito do Programa Europeu de Fusão Nuclear e que nos permite colmatar um atraso de algumas décadas na investigação neste domínio.

O maior tokamak actualmente existente é o JET (Joint European Torus) ao qual Portugal também está associado e que permite atingir temperaturas superiores a 100 milhões de graus, ou seja iguais às que existem no centro do Sol. O JET constitui um projecto conjunto dos países da Comunidade Europeia, a que se juntaram a Suiça e a Suécia, e encontra-se instalado em Abingdon, Inglaterra, nos arredores de Oxford. A equipa portuguesa tem aliás trabalhado activamente no JET desde há alguns anos e colaborado noutros tokamaks europeus de dimensão intermédia como o ASDEX alemão ou o TORE-SUPRA francês.

Não é por acaso que uma experiência europeia, o JET, lidera hoje a investigação sobre fusão à escala mundial. Isso deve-se essencialmente à existência de uma prolongada e eficaz política europeia para a fusão nuclear que constitui mesmo dentro das Comunidades Europeias um exemplo único.Este facto contrasta com as hesitações e a inconsequência que os Estados Unidos têm dado provas neste domínio, deixando que as suas opções de política científica oscilem ao sabor dos gostos e interesses dos sucessivos responsáveis. Paralelamente, a União Soviética, inventora do tokamak e por isso líder natural desta área de pesquisa, deixou-se ultrapassar por falta de recursos, enquanto o Japão surge agora como a terceira grande potência em fusão, construindo grandes máquinas como o JT-60, mas procurando absorver sem grande espírito inventivo os avanços científicos e tecnológicos já conseguidos pela Europa e pelos Estados Unidos.

Vejamos qual foi a política europeia para a fusão nuclear. Em traços largos, ela consistiu numa opção clara pela via tokamak e pela definição de 3 etapas fundamentais até à construção do primeiro

Original recebido para publicação em 1 de Julho de 1991

reactor comercial. A primeira destas etapas está a chegar ao fim e é constituída pelo JET e restantes tokamaks europeus que, cada um deles procura estudar aspectos complementares da física e da tecnologia dos tokamaks. Assim por exemplo, o ASDEX alemão e o seu actual sucessor o ASDEX-UPGRADE procuram estudar os sistemas de extracção de impurezas denominados "divertor" e foram os pioneiros no estudo dos modos-H. O TORE-SUPRA francês procura testar as bobinas supracondutoras e as descargas de longa duração. A um nível mais modesto, o IST-TOK português procura desenvolver novos métodos de diagnóstico, usando em particular feixes de metais alcalinos duplamente ionizados.

Convém referir que o Instituto Superior Técnico concentra hoje praticamente todo o "know-how" português em fusão nuclear. Isto deve-se à existência de um laboratório que há quase vinte anos efectua trabalho de qualidade no domínio da Física dos Plasmas, que é fundamental para a Fusão. Por isso, em 1986 quando Portugal aderiu às Comunidades Europeias se constituíu um Grupo de investigadores que definiu uma estratégia de adesão às actividades comunitárias nesta área e que mais tarde veio dar origem ao Centro de Fusão Nuclear. Este Centro está plenamente integrado no Programa Europeu de Fusão, pois ele constitui a unidade de investigação da Associação Euratom-IST, e as suas actividades são em grande parte financiadas pelas Comunidades Europeias.

A segunda etapa do programa europeu é constituída por uma nova máquina, maior e mais ambiciosa que o JET, na qual se pretende atingir a ignição e a que se chamou NET, ou "next-step". Finalmente, a terceira etapa será dedicada ao estudo de um reactor experimental de demonstração, denominado DEMO, ou "demonstration reactor", que procurará provar a viabilidade técnica e económica de um reactor de fusão.

Assiste-se neste momento ao lançamento da segunda etapa, pelo que foi criada há já algum tempo uma equipa europeia com o objectivo específico de efectuar o pré-projecto do NET e que se instalou em Garching, perto de Munique. No entanto, nos últimos dois ou três anos, as opções claras de política europeia para a fusão nuclear complicaram-se de modo significativo sob a pressão dos acontecimentos do Leste europeu e dos primeiros encontros Reagan-Gorbachov, nos quais a fusão nuclear figurava como uma das áreas prioritárias de cooperação internacional. As Comunidades Europeias viram-se assim arrastadas para uma colaboração quadripartida envolvendo os Estados Unidos, as Comunidades Europeias, a União Soviética e o Japão, com vista ao "next-step".

E assim surgiu o projecto internacional ITER, em paralelo e em concorrência com o projecto NET, que os europeus procuram fazer assemelhar o mais possível a este para manter as suas opções iniciais. Esta confluência das Comunidades Europeias no ITER e a consequente sulbalternização do NET devem-se em grande parte aos enormes custos da investigação sobre fusão. Mas, na minha opinião, os países europeus arriscam-se a perder a clara liderança que alcançaram ao partilhar um projecto conjunto com os outros três parceiros e eventuais futuros concorrentes.

Seja como for, o ITER já passou a fase do pré-projecto, de que se encarregou uma equipa quadripartida também sediada em Garching e aproxima-se o momento de decidir sobre o projecto propriamente dito, para o qual se deve formar uma nova equipa e escolher um local para a acolher. Três locais foram já oferecidos para albergar a equipa ITER: San Diego nos Estados Unidos, Garching na Europa e Naka no Japão e, em face das dificuldades de escolha já se fala em dividir essa equipa pelos três locais. Com mais ou menos peripécias políticas, o projecto ITER parece neste momento imparável, embora as Comunidades Europeias mantenham o NET em segundo plano e como em alternativa, no caso da cooperação internacional falhar.

Pode agora perguntar-se qual o papel que a pequena equipa portuguesa espera poder vir a desempenhar. Fundada em 1990 ao fim de alguns anos de gestação, a Associação Euratom-IST para a Fusão é o mais recente laboratório europeu deste domínio, embora não seja o mais insignificante. Os dois principais projectos portugueses são o tokamak IST-TOK, instalado no Instituto Superior Técnico e o Reflectómetro de Micro-ondas do tokamak ASDEX-UPGRADE, instalado em Garching. Mantemos também uma colaboração permanente com o JET e com o TORE-SUPRA. No futuro, teremos talvez mais oportunidades com o NET do que com o ITER. Mas a nossa participação nesta grande aventura mundial que é a procura de uma fonte de energia e o nosso envolvimento no programa europeu parecem irreversíveis e contribuirão fortemente para aumentar a nossa capacidade e a nossa credibilidade científicas.

Para além destes aspectos de política global é talvez útil acrescentar, à laia de conclusão, que a fusão nuclear tem um atractivo especial para o investigador

por implicar, em simultâneo, uma pesquisa fundamental e uma pesquisa aplicada. A fusão nuclear é física fundamental quando tenta elucidar os mecanismos fundamentais da turbulência e do transporte anómalo da energia, entender o caos magnético, os plasmas relativísticos ou as bifurcações de regime entre modo-L e modo-H, próprias de um sistema fortemente não-linear. Mas a fusão nuclear é também física aplicada e engenharia ao pretender construir uma máquina concreta, um reactor, para um fim concreto, a produção de energia. Abre-se assim um espectro largo de actividades que poderão motivar muitos jovens físicos e engenheiros portugueses.

Referências

[1] Mendonça, J. T. (1987). Fusão Nuclear Controlada: A Energia do Século XXI, Técnica, 1-87, 25

[2] Furth, H. P. (1979), Progress Toward a Tokamak Fusion Reactor,Scientific American, 241, 38

[3] (1984), La Fusion Thermonucléaire Controlée par Confinement Magnetique, Obra colectiva editada pelo C.E.A., Masson, Paris

[4] Wesson, J. (1987), Tokamaks, Clarendon Press, Oxford

Sobre o Autor

J. T. Mendonça é Professor do Departamento de Física do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

INSTITUTO TECNOLÓGICO
PARA A EUROPA COMUNITÁRIA

APOIAMOS A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

CRIAMOS "DESENVOLVIMENTO"

- FORMAÇÃO AVANÇADA EM ÁREAS ESTRATÉGICAS
- INVESTIGAÇÃO & DESENVOLVIMENTO
- ORGANIZAÇÃO E PLANEAMENTO DE PROJECTOS COMUNITÁRIOS
- PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS PARA A INDUSTRIA
- ESTÁGIOS INTERNACIONAIS PARA RECÉM-LICENCIADOS
- INCUBAÇÃO DE EMPRESAS

Av. Rovisco Pais • 1096 LISBOA CODEX • Telef. 803660 - ext. 1538/1657 • Fax 899242

As Alternativas da Energia

Domingos Moura

RESUMO

Depois de expôr as actuais dificuldades dos sistemas de energia, apresentam-se evoluções possíveis quer a curto quer a longo prazo.

ABSTRACT

After showing the present difficulties with the energy systems, the following text describes possible evolutions at short and at long date.

Os grandes aumentos no preço do petróleo, que ficaram conhecidos como primeiro (1973) e segundo (1979) choques petrolíferos chamaram a atenção para as limitações dos recursos energéticos naturais. A consciência dessas limitações suscitou receios de escassez de bens energéticos que se julgava fatal para o desenvolvimento das sociedades industriais.

Todavia as leis do mercado funcionaram e a evolução do consumo que crescia à taxa, alarmante, de 5% ao ano, foi travada. Usando a energia com mais racionalidade as economias industrializadas continuaram a desenvolver-se e hoje o receio de escassez de bens energéticos está afastado. As preocupações com a energia vêm de outros quadrantes; de facto a reflexão sobre energia, à escala planetária, em 1991, gera duas preocupações: a crescente dependência dos jazigos do Golfo Pérsico para a obtenção de petróleo; os efeitos da queima dos combustíveis fósseis.

Os derivados do petróleo ainda não têm, substitutos, com valor comercial significativo que possam ser usados nos motores da tracção rodoviária e nos aviões. O consumo nos meios de transporte representa cerca de 20 a 25% do consumo mundial de energia e depende de combustíveis que em grande parte, e cada vez mais, têm de se ir buscar ao Médio Oriente. Acontecimentos recentes mostraram os riscos que esta situação contém e para a qual as soluções - pelo menos a longo prazo - são ainda muito nublosas.

A queima de combustíveis fósseis tem como consequência entregar à atmosfera, em poucos anos, carbono que dela foi retirado durante milhões de anos. A emissão é feita sob a forma de dióxido de carbono, o que pode provocar um efeito de estufa.

O efeito de estufa, se iniciado, tem uma retroacção positiva: aumenta o teor de vapor de água na atmosfera o qual, por sua vez, acentua o efeito de estufa. Desfeito o actual equilíbrio térmico não se sabe a que temperatura se verificará novamente o equilíbrio entre o calor recebido e o calor emitido.

Original recebido para publicação em 9 de Outubro de 1991

A emissão anual de dióxido de carbono vindo dos motores térmicos dos veículos de transporte, das centrais eléctricas e das caldeiras de aquecimento industrial e doméstico, é pequena se comparada com as emissões das fontes biológicas e de outras naturezas existentes à superfície da Terra. Não foi, ainda, provado que a temperatura do planeta esteja a aumentar e menos aínda que as emissões dos motores e das caldeiras tenham efeitos significativos. Todavia o contrário também não foi provado o que justifica preocupações, pois o risco é a extinção da vida na Terra.

A queima dos combustíveis fósseis produz outras emissões que causam gravíssimos ataques ao ambiente: os compostos de azoto e de enxofre que combinando-se com a água da atmosfera estão na origem das chuvas ácidas responsáveis pela destruição de boa parte da floresta europeia. Contudo, hoje é possível reduzir estas emissões a valores práticamente inofensivos. É certo que isso aumenta o custo da energia, mas os aumentos são suportáveis sem dificuldade. Por isso é criticável que as Administrações Públicas sejam tolerantes quanto às emissões dos compostos de azoto e de enxofre contidos nos efluentes das centrais eléctricas.

Quando se apresentam cenários deve explicar-se com muita clareza a que tempos eles correspondem: se aos anos próximos - o chamado curto prazo - se para além de vinte a trinta anos - o chamado longo prazo.

A curto prazo, as "novas energias" não se afiguram capazes de substituir, em quantidade significativa, os combustíveis fósseis. Isto não retira o mérito nem reduz o interesse dos progressos que se forem conseguindo quanto ao aproveitamento e ao

uso destas energias que, em situações particulares, já têm grande valor. Contudo nem aos pequenos aproveitamentos hidroeléctricos, nem ao vento, nem à radiação solar, nem às marés, nem às ondas, nem às fontes geotérmicas podemos, nos próximos anos, ir buscar quantidades de energia que alterem os riscos da dependência do Golfo Pérsico ou do efeito de estufa, porque mesmo que as tecnologias o permitissem as estruturas industriais não estariam preparadas, nem se preparam rápidamente.

A curto prazo, a menor dependência do Golfo Pérsico e a redução importante nas emissões de dióxido de carbono podem ser conseguidas: aumentando o rendimento dos motores e outros equipamentos térmicos; usando combustíveis e processos de extracção de energia que produzam menos dióxido de carbono por unidade de energia extraída.

O aumento do rendimento dos ciclos térmicos tem sido a linha natural do progresso desde que no século XVIII se fabricaram os primeiros motores térmicos, sendo o mais recente progresso nesta linha o desenvolvimento industrial dos ciclos combinados.

A substituição do carvão e do petróleo por gás natural, além de diversificar as fontes energéticas, tem como consequência reduzir a emissão de dióxido de carbono por unidade de energia produzida. Esta redução e o facto de o gás natural se prestar bem ao uso no escalão de mais altas temperaturas dos ciclos combinados explicam a corrida ao gás natural a que se está a assistir o que terá certamente consequências nos preços.

As centrais nucleares não emitem dióxido de carbono.

Se a Conferência Mundial de Meteorologia, a realizar em Junho de 1992 no Rio de Janeiro, confirmar o risco de efeito de estufa devido às emissões dos motores e das caldeiras, irá reanimar-se o interesse pelas soluções nucleares o que terá como consequência o aumento do custo da energia eléctrica e o estabelecimento de sistemas de controlo e de segurança internacional que não se afiguram fácilmente compatíveis com os anseios de independência dos povos.

Todas estas alterações e substituições tecnológicas são possíveis em prazo curto; todavia a rigidez das estruturas industriais e a inércia dos circuitos económicos levantam algumas dúvidas sobre a rapidez com que vão efectivar-se.

Diferentes são os cenários - muito nublosos e incertos - que se podem construir para um prazo longo; o futuro irá confirmá-los ou não, conforme evoluirem o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico e, também, o querer dos homens e dos povos, o peso da ecologia nos valores sociais, enfim o modo de viver que as sociedades forem escolhendo.

Só a prazo muito longo se pode vislumbrar o abandono dos combustíveis fósseis, ou mesmo a redução importante da sua participação no abastecimento mundial de energia; porém a redução da dependência do petróleo do Médio Oriente configura-se num horizonte menos incerto, embora, também, distante no tempo. Para a redução da dependência do petróleo podem contribuir desenvolvimentos em duas áreas: a fabricação de carburantes líquidos a partir do carvão (metanol) ou de biomassa (etanol); o automóvel eléctrico.

Para a larga penetração do automóvel eléctrico falta um armazenamento electroquímico de energia com relação energia/massa cerca de cinquenta vezes maior do que se consegue nas actuais baterias de chumbo - ácido e que seja barato; ou a conversão directa da energia do combustível em energia eléctrica o que já se faz nas células de combustível mas, ainda, com custos altos. São animadoras as perspectivas de avanço neste domínio e sabe-se que os grandes fabricantes de automóveis estão a preparar-se para a reconversão dos fabricos se, em qualquer momento, as perspectivas se confirmarem. Todavia é utópico admitir que o uso do automóvel eléctrico se generalizará num prazo curto; e não se deve esquecer que o uso crescente do transporte individual está a ser questionado, o que aponta outro caminho para melhorar a situação.

No estado actual do conhecimento científico e tecnológico apenas três fontes parecem capazes de substituir os combustíveis fósseis, embora num futuro distante: a radiação solar, a biomassa e as fontes nucleares.

O Sol entrega diáriamente à Terra cerca de dez mil vezes mais energia do que diáriamente é usada na Terra em todas as aplicações. A conversão directa em energia eléctrica da energia veiculada pela radiação solar faz-se hoje nas células fotovoltaicas e a entrega desta energia às redes não apresenta dificuldades. Contudo a energia extraída das células é, ainda, cerca de dez vezes mais cara do que a oferecida pelas fontes tradicionais.

Nada sugere que seja impossível reduzir de uma ordem de grandeza o custo da energia obtida por via fotovoltaica, embora não seja provável que isso se consiga nos anos mais próximos.

A produção de grandes quantidades de biomassa, bem adaptada para o aproveitamento energético e cultivável em terrenos que a agricultura tradicional não consegue aproveitar, é hoje uma possibilidade de desenvolvimento tornada crível pelos avanços das biotecnologias. A queima da biomassa não agrava o teor de dióxido de carbono na atmosfera: as emissões são contrabalançadas pelas absorções necessárias à renovação da biomassa.

A cisão nuclear, quer em reactores térmicos quer recorrendo ao ciclo do plutónio, revelou-se tecnologia insuficientemente amadurecida e daí a hesitação geral em lançar novos programas nucleares; mas outras vias para o aproveitamento da energia do núcleo afiguram-se possíveis - a longo prazo - sem os enormes riscos da radiação inerentes aos processos de cisão nos reactores actuais.
Radiação solar, biomassa, nuclear são três alternativas para, a muito longo prazo, melhorar o preocupante panorama energético dos nossos dias. Não espantaria que via diferente venha trazer as soluções que irão predominar nos próximos séculos. Contudo os cenários que esquemáticamente se descreveram são aqueles que, em 1991, merecem maior credibilidade.

Sobre o Autor

Domingos Moura é Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Secção de Energia, do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

SK'92

Siror · Keramica · Sicame

FEIRA INTERNACIONAL DE LISBOA

8/12 ABRIL

HORÁRIO

Profissionais:

8, 9 e 10 Abril – das 10 H às 19 H

11 de Abril – das 14 H às 22 H

Público:

12 de Abril – das 14 H às 22 H

CONHEÇA TODOS OS MATERIAIS QUE DÃO FORMA AOS SEUS PROJECTOS.

SIROR – Pavimentos e revestimentos em rochas ornamentais (mármores, granitos, xistos e aglomerados). Máquinas e equipamentos.

KERAMICA – Pavimentos e revestimentos em cerâmica - azulejos, mosaicos, grês e tijoleiras. Máquinas e equipamentos.

SICAME – Pavimentos e revestimentos em madeira, cortiça e outros materiais.

FIL

AIP ASSOCIAÇÃO INDUSTRIAL PORTUGUESA

ICEP

Sobre o Futuro da Engenharia Civil

E. R. de Arantes e Oliveira

RESUMO

O futuro da Engenharia Civil será determinado pela grande procura, em grande parte ditada por necessidades que terão cada vez menos a ver com a mera sobrevivência dos cidadãos e mais com a qualidade de vida. As políticas do ambiente serão determinantes nesta evolução. A provável diminuição de investimentos em obras novas nos países desenvolvidos será largamente compensada, não só pelas obras novas nos menos desenvolvidos, mas também pela reabilitação de estruturas já existentes, mas crescentemente degradadas, nos primeiros.

ABSTRACT

The future of Civil Engineering will be determined by large-scale demand, in great part dictated by needs that have less to do with survival and more with the quality of life. Environment policies will be determinant in this evolution. The probable diminution in investments in new works in the advanced countries will be largely offset, not only by the construction of new works in the less developed ones, but also by the reabilitation of infrastructures that now exist, but are increasingly degraded, in the former.

1

Correndo o risco de falhar ao tentar encerrar numa fórmula o vasto mundo da engenharia civil, pensamos ser útil começar por tentar definir o seu objectivo: o planeamento, projecto, construção, manutenção e reabilitação dos grandes equipamentos fixos, os quais se denominam obras.

Tratando-se de grandes, e por conseguinte dispendiosos, equipamentos, o futuro da engenharia civil será determinado pela grande procura a qual virá a ser, ela própria, influenciada pela evolução da oferta, isto é, pela inovação tecnológica.

O investimento em grandes equipamentos fixos será, como sempre foi na História, afectado pelas concepções reinantes na Sociedade.

Assim, nas sociedades avançadas, a evolução da engenharia civil será condicionada, cada vez mais, pelo respeito de valores tais como o direito à vida e à felicidade dos cidadãos e a preservação e valorização dos patrimónios natural e cultural.

As necessidades reais das populações, que em grande parte ditarão a procura, terão cada vez menos a ver com a mera sobrevivência e mais com a qualidade de vida.

Por isso, e porque os grandes equipamentos influenciam o ambiente de modo muito significativo, o planeamento e concepção das obras apoiar-se-ão cada vez mais em estudos de impacto ambiental. Assim, as políticas do ambiente serão factores determinantes na evolução da engenharia civil.

Observa-se que a qualidade de vida inspira e é simultaneamente um dos aspectos mais salientes de uma filosofia (singularmente adequada às sociedades industriais e pós-industriais) baseada na promoção da qualidade.

Original recebido para publicação em 1 de Julho de 1991

2

O planeamento e projecto das obras põem-se ao engenheiro civil moderno como um processo de optimização e, portanto, como uma escolha da solução óptima de entre um conjunto de soluções possíveis.

Tais escolhas tenderão a ser precedidas de análises custo-eficácia cada vez mais finas, envolvendo considerações de natureza não exclusivamente económica ou utilitária, o que levará a tomar em linha de conta factores dificilmente quantificáveis de ordem cultural, social, moral ou psicológica.

A redução dos custos exigida pela limitação dos recursos, a que as sociedades desenvolvidas são particularmente sensíveis, exigirá caminhar no sentido da racionalização para que aponta a teoria da segurança, isto é para conceber as obras por forma a minimizar os seus custos generalizados (construção + exploração + custos associados à não qualidade, incluindo os custos da prevenção e da avaliação da qualidade e os ligados aos riscos da não satisfação das exigências essenciais).

No entanto, os custos, mesmo generalizados, só deverão ser utilizados para uma orientação global.

Impõe-se reconhecer que o progresso da engenharia civil passa, não só por uma atribuição de valores mais realistas aos

parâmetros que quantificam a segurança, o que exigirá um melhor conhecimento do comportamento das obras e das acções susceptiveis de as solicitar, mas também por uma melhor gestão da qualidade, o que implica a implementação de mecanismos de controle de todas as fases, desde a da concepção à da própria utilização.

3

O conhecimento do comportamento das obras exige a observação sistemática de obras do mesmo tipo já construidas e a construção de modelos que incorporem o resultado das observações.

Esses modelos são hoje, na engenharia das estruturas, de natureza quase exclusivamente matemática. Na Hidráulica, os modelos físicos são ainda preponderantes.

É de esperar que, no futuro, os modelos matemáticos venham a retirar cada vez mais espaço aos modelos físicos, tornando-se capazes de simular os diferentes modos de colapso das obras e de permitir analisar em computador o comportamento destas submetidas às acções susceptíveis de os provocar.

4

A qualidade das obras está muito ligada com a dos materiais de construção.

Quanto a estes, é de prever que os betões mantenham a primazia: não se espera que sejam substituidos, mas simplesmente melhorados.

Nos betões, como nos aços, será perigoso aumentar a resistência se esse aumento conduzir a uma maior fragilidade. Por isso interessam os betões de alto comportamento, mais que os de alta resistência.

É-se assim levado a abordar o problema da durabilidade, o qual envolve, não só a evolução no tempo das propriedades dos materiais, mas também a adaptabilidade das obras.

Sabe-se, de facto, que não é possível construir obras para a eternidade e que o custo inicial de uma construção é, em princípio, e a menos de um salto qualitativo da oferta tecnológica, tanto maior quanto mais dilatada for a sua esperança de vida.

Tem-se porém hoje em dia plena consciência de que, de uma maneira geral, o custo generalizado das obras atinge o seu mínimo para valores de durabilidade respectiva superiores aos que até há pouco eram considerados aceitáveis.

É da necessidade de garantir a utilização das obras nos prazos mais alargados para que deverão passar a ser concebidas que resulta a preocupação com a adaptabilidade, a qual envolve aspectos ligados com a respectiva inspecção, manutenção, reparação, adaptação e demolição.

Grandes estruturas de betão simples, como as barragens de betão, estão ameaçadas de inservibilidade e mesmo de ruína.

Reacções com o meio ambiente levam, por outro lado, a que o betão, inicialmente básico, tenda a ficar neutro, o que, nas obras de betão armado, determinará o ataque químico das armaduras.

Técnicas especiais baseadas na incorporação de moléculas com dimensões da ordem dos "angströms" podem tornar os betões mais compactos e, portanto, menos permeáveis. A pintura das superfícies pode também prolongar a sua vida.

É no entanto possível que as pedras naturais e o tijolo, dada a sua capacidade de resistência à agressividade dos ambientes, nomeadamente dos ambientes marinhos, venham a ser parcialmente recuperadas como materiais de construção.

Quanto aos plásticos, pode-se afirmar que as componentes metálicas poderão vir a ser parcialmente substituidas por componentes plásticas, menos sujeitas à corrosão e mais faceis de executar e de montar. Sendo porém menos duráveis que as metálicas, terão de ser substituidas periodicamente, o que leva a prever que sejam sobretudo utilizadas em construções ligeiras.

Os engenheiros civis do século XXI serão confrontados com grandes obras de reabilitação, ou mesmo com a demolição em grande escala de construções que hoje parecem de qualidade indiscutível.

Daqui o pensar-se que uma possível diminuição de investimentos em obras novas nos paises desenvolvidos será largamente compensada, não só pela construção de novas obras nos menos desenvolvidos, mas também pela reabilitação de infraestruturas já existentes, mas crescentemente degradadas, nos primeiros.

5

Há no entanto uma área em que, mesmo nos paises desenvolvidos, se antevê a execução de obras novas de vulto. É a das infraestruturas de transporte. Procede-se de facto, hoje em dia, à implatação de redes totalmente novas, quer rodoviárias, quer ferroviárias, de alta velocidade, alta velocidade que implica, não só o desenvolvimento de novos sistemas de tracção, mas também um traçado muito mais rectilíneo e sem cru-

zamentos e, portanto, a execução de numerosos túneis e obras de arte. Exigir-se-á, por outro lado, acrescida preocupação com a segurança, traduzida esta, nomeadamente, na condução automática de todos os tipos de veículos.

A alta velocidade é uma das vertentes da resposta dada ao problema do enorme acréscimo do volume de mercadorias e passageiros a transportar. A outra é o aumento da dimensão dos veículos. Este aumento implica a necessidade de reforçar obras de arte já existentes e torna inevitável uma mais rápida degradação dos pavimentos das actuais estradas e aeroportos. Torna-se necessário dispor de materiais que satisfaçam as modernas exigências de tráfego e de métodos que permitam um melhor dimensionamento dos pavimentos.

6

Materiais naturais como os solos e as rochas, cuja durabilidade é geralmente maior que a dos materiais manufacturados e cuja evolução acompanha o ritmo da Natureza, beneficiarão também do facto de se conhecer cada vez melhor o seu comportamento e de se dispor de técnicas adequadas ao seu aproveitamento.

As modernas tecnologias permitem já hoje obras subterrâneas de grandes dimensões com as mais diversas finalidades. As pressões urbanísticas, industriais e de natureza ambiental determinarão a abertura de mais e maiores cavidades no sub-solo. Em obras deste tipo, o material será usado na sua forma natural de jazida.

Prevêem-se também grandes progressos em matéria de fundações no fundo dos mares, mesmo a grandes profundidades.

7

Falando dos mares e oceanos, há que referir que as estruturas portuárias (portos, terminais, etc.) continuarão a ser infraestruturas de importância vital a nível internacional. Prevê-se assim um desenvolvimento razoável do sector.

Os problemas da orla costeira crescerão exponencialmente, cruzando-se com os dos estuários e lagunas. Trata-se de áreas que constituem zonas preferenciais de ocupação humana e de desenvolvimento económico e que apresentam uma grande sensibilidade ecológica e interesse ambiental.

A tão falada possibilidade de subida do nível das águas do mar resultante do efeito de estufa irá conduzir a uma redobrada atenção sobre estas áreas, conduzindo nomeadamente a obras de protecção do litoral.

Os meios hídricos interiores, quer na componente dos rios, ribeiras e outras linhas de águas superficiais, quer na de águas subterrâneas, representam um recurso importantíssimo para abastecimento doméstico, público, industrial e agrícola, rejeição de efluentes, produção de energia, navegação fluvial, lazeres e recreação. A sua utilização racional irá orientar o desenvolvimento da engenharia civil hidráulica no sector.

É importante lembrar que o futuro da hidráulica está estreitamente ligado ao mercado mundial de água, no qual os problemas de qualidade têm vindo a ganhar gradualmente peso sem todavia porem em causa os aspectos quantitativos.

O saneamento básico, que compreende o abastecimento de água e a rejeição e controle de efluentes de aglomerados urbanos e industriais, é vital para a saude pública, conforto das populações e protecção do meio ambiente. O desenvolvimento do sector é inquestionável, e perspectivam-se desafios ligados com a dessalinização da água do mar, técnicas de despoluição cada vez mais sofisticadas e a reutilização das águas residuais para irrigação.

8

Quanto às acções que solicitam as obras, pode-se dizer que os engenheiros civis terão de estar cada vez mais conscientes de que, melhor que defrontar as forças naturais, será canalizá-las para benefício do Homem, o que, evidentemente, obrigará a conhecê-las melhor.

Está ultrapassada a concepção do engenheiro como agressor do ambiente. Lutar contra a Natureza representa, na melhor das hipóteses, uma dissipação de energias, pelo que, quanto melhor integradas no ambiente estiverem as obras, mais económicas deverão em princípio ser.

Tal significa que o progresso em engenharia civil passa por conhecer melhor a Natureza.

9

Não chega porém o conhecimento da Natureza. Impõe-se habilitar a Engenharia Civil com resultados e métodos provenientes, tanto das ciências em que tradicionalmente se tem apoiado, como de outras ciências, tanto "duras" como "moles".

Podem indicar-se, entre outras, a arquitectura e a urbanização, a antropologia urbana e a psicologia, as ciências da com-

putação e da informação, a medicina e a saude pública, a economia e a gestão, as ciências da educação, a sociologia, a demografia, a antropologia, as ciências do ambiente, as ciências jurídicas e, como lembra Ferry Borges (ver "A Ciência na Construção", relatório LNEC, 1991), a ética.

10

O recurso a uma tão ampla gama de conhecimentos não exige evidentemente que os engenheiros civis dominem todas as ciências, mas forçará a que trabalhem em equipas pluridisciplinares cada vez mais complexas.

Obrigará ainda a recorrer sistematicamente a instrumentos do tipo dos sistemas periciais, e de outros sistemas inteligentes, que neste momento estão ainda em fase de desenvolvimento.

Refiram-se ainda as ciências, técnicas e indústrias da informação cuja evolução determinará importantes consequências económicas e sociais que afectarão todo o sector produtivo e, por consequência, a indústria da construção.

O recurso a tais instrumentos não vai suprir no entanto a necessidade de uma formação integrada de tipo diferente da que até agora tem sido proporcionado pelas escolas de engenharia e, de uma maneira geral, pelo sistema educativo.

É que o engenheiro civil do futuro não poderá evidentemente deixar de ser um técnico informado dos progressos da sua especialidade e aberto à cooperação com especialistas de outras áreas, mas terá de ser mais do que um técnico: um homem culto e socialmente responsável.

Agradecimento

Agradece-se o apoio que para a elaboração deste artigo se recebeu de vários investigadores do LNEC e, muito especialmente, do Eng. Júlio Ferry Borges.

Sobre o Autor

E. R. de Arantes e Oliveira é Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa e Presidente do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.